

PENGARUH FRAKSI VOLUME PADA *GREEN COMPOSITE* SERAT BAMBUR DENGAN Matriks Sari Pati Kentang TERHADAP PENYERAPAN SUARA DAN POROSITAS

Ferdy Gilang Pratama, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pengaruh fraksi volume pada green composite serat bambu dengan matriks sari pati kentang terhadap penyerapan suara dan porositas. Bahan Green Composite yang digunakan adalah serat bambu sebagai penguat dan sari pati kentang sebagai matriksnya. Tabung Impedansi dan Pengujian porositas merupakan metode penelitian yang digunakan sesuai dengan ASTM (American Standard Testing Material). Data yang diperoleh diuji menggunakan tabung impedansi dilengkapi software audacity dan NCH Tone generator dengan frekuensi input 400 Hz - 4000 Hz. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh fraksi volume serat bambu terhadap porositas spesimen, namun tidak signifikan terhadap kemampuan penyerapan suara. Nilai koefisien serap suara tertinggi didapat pada frekuensi 400 Hz yaitu 0,65 dimana setara dengan 4,55 dB Sound Reduction Index (ISO 140-3). Spesimen dengan fraksi volume 10% serat memiliki porositas tertinggi pada nilai 25,39%. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengurangi kebisingan.

Kata kunci : Green Composite, Serat Bambu, Sari Pati Kentang, Pengujian Akustik, Porositas, Fraksi Volume Serat, Tabung Impedansi, Penyerap Suara

Abstract

This research discusses the effect of volume fraction in green bamboo fiber composite with a matrix of potato starch on sound absorption and porosity. The Green Composite materials used are bamboo fiber as reinforcement and potato starch as the matrix. Tube impedance and porosity testing are research methods used in accordance with ASTM (American Standard Testing Material). The data obtained was tested using an impedance tube equipped with Audacity software and an NCH Tone generator with an input frequency of 400 Hz - 4000 Hz. The research results showed that there was an influence of the volume fraction of bamboo fiber on the porosity of the specimen, but it was not significant on the sound absorption ability. The highest sound absorption coefficient value was obtained at a of 400 Hz frequency of 0.65, which is equivalent to 4.55 dB Sound Reduction Index (ISO 140-3). The specimens with a 10% fiber volume fraction have the highest porosity at 25.39%. This research is expected to provide a solution to reducing noise.

Keywords : Green Composite, Bamboo Fiber, Potato Starch Extract, Acoustic Testing, Porosity, Fiber Volume Fraction, Tube Impedance, Sound Absorption

1. Pendahuluan

Dewasa ini, karena urbanisasi yang meningkat pesat, orang di seluruh dunia sering menghadapi masalah kesehatan serius yang disebabkan oleh polusi suara. Kepmen LH No 48. tahun 1996 juga menjelaskan bahwa kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Salah satu sumber kebisingan yang banyak terjadi di Indonesia berasal dari sektor transportasi, mengingat jumlah kendaraan yang terus meningkat. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) pada tahun 2021 jumlah kendaraan mencapai 141.992.573 unit bersumber dari Kepolisian Republik Indonesia dan data dari [1] rata rata tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh satu unit kendaraan bermotor ialah 87,40 dB pada 2000 Rpm. Dengan tingginya tingkat kebisingan di lingkungan hidup upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kebisingan tersebut ada tiga metode yaitu hambatan udara,

hambatan struktural, penyerapan suara. Sebagai media yang digunakan untuk mengurangi kebisingan pada penelitian ini adalah penyerapan suara sehingga dibutuhkan material yang baik dan murah dalam mengurangi kebisingan [2] salah satunya adalah green composite berpenguat serat alam.

Pengendalian kebisingan memanfaatkan material komposit berserat alam banyak digunakan, karena serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengurangi kebisingan [3]. Namun, permasalahan muncul ketika komposit dengan matriks resin yang umumnya digunakan cenderung sulit terdegradasi secara alami, yang menimbulkan masalah lingkungan. Dengan memanfaatkan sari pati kentang, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensinya sebagai pengganti matriks resin dalam komposit.

Pemanfaatan *green composite* sangat beragam dan luas, karena material ini memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, seperti keberlanjutan, kekuatan, ringan, dan kemampuan *biodegradable*. *Green*

composite adalah material komposit yang terbuat dari serat alami dan matriks atau pengisi yang bersifat ramah lingkungan. Material ini dipilih berdasarkan keberlanjutan dan penggunaan sumber daya terbarukan, sehingga menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan komposit berbasis bahan sintetis. Peran *green composite* dalam penyerapan suara adalah kemampuannya untuk mengurangi kebisingan yang terjadi dengan memanfaatkan bahan alaminya, penyerapan suara komposit memiliki hubungan erat dengan porositas yang terdapat pada matriks sari pati kentang semakin tinggi porositas suatu bahan maka semakin baik kemampuannya dalam menyerap suara. Bahan dengan porositas tinggi memiliki struktur berpori yang memungkinkan gelombang suara masuk ke dalam bahan pori tersebut [4].

Bambu merupakan salah satu serat alam yang melimpah di Indonesia dan bambu merupakan jenis material penyerap suara yang *biodegradable* dan ramah lingkungan [5]. Serat bambu sering dikenal sebagai serat kaca alami karena kekuatannya yang tinggi dengan massanya yang ringan. Bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi yaitu mencapai 370 MPa. Pada komposit juga membutuhkan matriks sebagai bahan utamanya dimana matriks yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah sari pati kentang. Sari Pati kentang dipilih sebagai matriks dengan komposisi terbesar pada komposit dikarenakan sari pati kentang memiliki karakteristik mudah terdegradasi dimana kandungan pati yang dimiliki oleh kentang adalah 22-28% [6] serta dapat berpotensi besar sebagai pengganti bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan.

Fraksi volume adalah perbandingan volume suatu komponen atau komposisi dalam campuran, dalam penelitian ini digunakan campuran 5%; 7,5%; 10% bahan penguat. Dengan menggunakan fraksi volume tersebut membuat kekuatan dari *green composite* menjadi lebih optimal.

Dengan mencari pengaruh fraksi volume dari serat diharapkan agar mendapatkan komposisi terbaik dari kombinasi pati kentang dan serat bambu yang akan menyerap suara dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi masalah lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan komposit dengan matriks resin yang sulit terdegradasi.

2. Landasan Teori

2.1 Komposit

Komposit pada umumnya adalah dua atau lebih komponen yang disatukan oleh bahan matriks dan penguat, matriks memiliki sifat yang berbeda dengan komponen penyusunnya. Komponen yang dimaksud disini dapat berupa bahan serat sintetis maupun bahan serat alam. Penguat dapat berupa serat, partikel, serpihan dan sejenisnya. Perpaduan bahan-bahan tersebut menghasilkan bahan yang lebih baik dari bahan penyusunnya yaitu kombinasi matriks dan penguat. Fungsi utama komposit yang diperkuat serat adalah untuk mentransfer ketegangan antar serat,

memberikan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang merugikan, dan melindungi permukaan serat dari pengaruh mekanis dan kimiawi [7].

2.2 Green Composite

Green composite merupakan jenis material komposit yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Mereka biasanya terbuat dari serat alami, seperti serat bambu, dikombinasikan dengan matriks *biodegradable* seperti sari pati kentang. *Green composite* dirancang untuk memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan komposit tradisional, karena menggunakan sumber daya terbarukan dan komponen *biodegradable* [8].

2.3 Sari Pati Kentang

Sari pati kentang adalah hasil ekstraksi dari kentang yang melalui proses penghancuran hingga pati terpisah dari seratnya menjadi butiran. Sari pati kentang sering digunakan dalam olahan produk bahan pangan hingga industri non pangan.

Karakteristik sari pati kentang mudah terdegradasi dikarenakan kandungan pati yang dimiliki oleh kentang adalah mencapai 22 hingga 28% [6]. Kandungan pati yang tinggi sangat baik digunakan dalam penyerapan suara, dikarenakan pati dapat mengubah energi suara menjadi energi panas. Hal ini menyebabkan sari pati kentang baik digunakan dalam proses penyerapan suara.

2.4 Serat Bambu

Serat Serat bambu adalah serat yang diperoleh dari tanaman bambu yang memiliki serabut-serabut sejajar pada batangnya. Bambu memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku pengganti *fiber glass*. Karena massanya yang ringan dan kekuatan tariknya yang tinggi, serat bambu sering disebut sebagai serat kaca alami. Kekuatan tarik bambu mencapai 370 Mpa sangat tinggi dibandingkan massanya dengan harga yang relatif ekonomis.

Serat bambu memiliki sifat akustik yang baik dibandingkan dengan serat lainnya karena serat bambu memiliki struktur dan bentuk yang unik, densitas yang rendah sehingga dapat membentuk rongga (porositas).

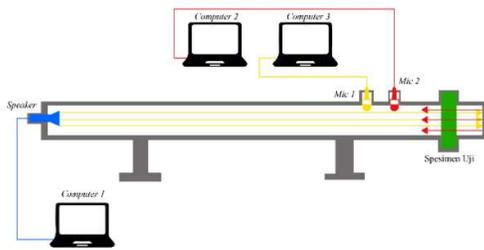
2.5 Uji Serap Suara

Uji serap suara bertujuan untuk mengetahui efektivitas material komposit dalam penyerapan suara. Penelitian ini menguji penyerapan suara dari *green composite* yang terdiri dari dua komponen yaitu sari pati kentang sebagai matriks dan serat bambu sebagai penguatnya dengan menggunakan metode tabung impedansi yang sesuai ASTM E 1050-98.

2.6 Tabung Impedansi

Tabung impedansi adalah alat sekaligus metode yang digunakan untuk menentukan koefisien serap suara, refleksi, dan transmisi suara. Cara kerja

alat ini adalah dengan mengirimkan suara yang dihasilkan melalui generator, kemudian disalurkan ke *loudspeaker* dan disalurkan melalui tabung menuju sampel. Saat suara bertemu dengan sampel, tidak semua getaran akan diserap, sebagian akan dipantulkan, dan suara akan diterima oleh mikrofon di dalam tabung. Refleksi yang terekam akan diteruskan ke perangkat lunak yang mengelola gelombang bunyi, untuk dilihat dalam bentuk data, dan dilihat koefisien serapannya [9].



Gambar 1. Skematik Uji Serap Suara

2.7 Koefisien Serap Suara

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu yang dinyatakan dengan suatu koefisien penyerapan bunyi (*coefficient of sound absorption*). Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut disebut sebagai koefisien serap suara (absorpsi) (α). 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 [10].

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 :

- α = Koefisien Serap Suara
- w_i = Energi Suara yang diserap (J)
- w_b = Energi Suara yang datang (J)

Persamaan antara koefisien serap suara (α) dan desibel dapat digunakan perhitungan yang sesuai dengan ISO 140-3, sebagai berikut:

$$SRI = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{1-\alpha} \right) \quad (2)$$

Keterangan :

- SRI = Sound Reduction Index (dB)
- α = Koefisien Serap Suara

2.8 Uji Porositas

Penelitian ini menguji porositas material *green composite* yang akan diuji menurut ASTM D 570-98. Penyerapan suara komposit memiliki hubungan yang erat dengan porositas yang terdapat pada matriks pati

kentang yang dilambangkan ϕ (phi) yaitu rasio volume pori terhadap volume material, semakin tinggi porositas suatu bahan maka semakin baik kemampuannya dalam menyerap suara. Bahan dengan porositas tinggi memiliki struktur berpori yang memungkinkan gelombang suara melewati bahan pori [4]. Untuk menghitung porositas ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\phi = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan :

- ϕ = Porositas (%)
- W_b = Massa spesimen basah (gr)
- W_k = Massa spesimen kering (gr)

Uji porositas dilakukan dengan cara merendam spesimen di air dan melihat berapa besar pori-pori yang ada di spesimen. Biasanya, bahan yang memiliki pori akan memiliki daya serap energi suara lebih besar dibandingkan dengan bahan yang tidak memiliki pori, karena dengan adanya pori-pori gelombang suara dapat masuk kedalam bahan tersebut. Pengujian Porositas ini menggunakan ASTM D 570-98.

2.9 Gelombang Suara

Gelombang suara adalah gelombang yang ditimbulkan oleh benda yang bergetar. Contoh ilustrasi dari hal tersebut adalah senar gitar yang dipetik, maka gitar akan bergetar dan getaran ini merambat di udara, air, atau bahan lainnya. Satu-satunya tempat di mana suara tidak dapat merambat adalah ruang hampa. Gelombang suara ini memiliki lembah dan bukit, satu lembah dan satu bukit akan menghasilkan satu siklus atau periode (frekuensi).

2.10 Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah siklus yang terjadi dalam satu detik. Satuan frekuensi adalah Hertz (Hz). Telinga manusia dapat mendengar suara antara 20 Hz hingga 20 KHz (20.000 Hz) dalam batas sinyal audio. Karena pada dasarnya sinyal audio merupakan sinyal yang dapat diterima oleh telinga manusia. Angka 20 Hz adalah frekuensi suara terendah yang dapat didengar, sedangkan 20 KHz adalah frekuensi tertinggi yang dapat didengar [11].

3. Metode Penelitian

Terdapat dua pengujian yang akan dilakukan yakni pengujian serap suara dan porositas. Pada penyerapan suara alat yang digunakan untuk menguji spesimen adalah tabung impedansi yang sesuai dengan ASTM E 1050-98, sedangkan untuk uji porositas hanya menggunakan media air sebagai pengujianya yang sesuai dengan ASTM D 570-98.

3.1 Proses Pembuatan Benda Uji

3.1.1 Proses Pembuatan Matriks Sari Pati Kentang

1. Menyiapkan alat-alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Mengupas kulit kentang kemudian kentang dihaluskan menggunakan alat *blender* hingga halus.
3. Kentang yang sudah halus selanjutnya dimasukkan kedalam gelas *beaker*, lalu dalam gelas *beaker* ditambahkan sedikit air dan dilarutkan guna mempermudah proses ekstraksi.
4. Kemudian ekstrak kentang untuk mendapatkan sari patinya, dengan cara disaring kedalam sebuah wadah untuk mencari filtratnya. Filtrat yang dihasilkan merupakan campuran air, pati dan beberapa senyawa organik lainnya.
5. Filtrat kemudian dipindahkan kedalam gelas beaker 500 ml dan dibiarkan beberapa saat hingga pati mengendap.
6. Setelah pati mengendap, cairan yang tersisa dibuang sehingga pati yang dihasilkan dapat digunakan.
7. Kemudian masukkan 40 mL aquades ke dalam gelas *beaker* yang berisikan sari pati kentang sebanyak 52 gram.
8. Terakhir masukkan 0,64 gram gliserin dan 1,02 gram hardener.
9. Campuran yang terbentuk kemudian diaduk dan mulai dipanaskan, setelah beberapa saat cairan yang awalnya cair berubah menjadi gel

dengan serat bambu yaitu (95% : 5%, 92,5% : 7,5%, 90% : 10%).

Tabel 1. Komposisi Matriks dan Serat

Perbandingan Massa Matriks dengan Serat (%)	Matriks (gr)	Serat (gr)
95 : 5	94,71	1,72
92,5 : 7,5	92,21	2,95
90 : 10	89,72	3,45

3.1.2 Proses Pembuatan *green composite*

1. Menyiapkan serat bambu.



Gambar 2. Serat Bambu

2. Serat bambu kemudian diuraikan untuk memudahkan proses pemotongan.
3. Potong serat bambu menjadi ± 1 cm.



Gambar 3. Serat Bambu ± 1 cm

4. Campurkan serat bambu dengan matriks yang telah menjadi gel kedalam cetakan dengan menggunakan metode *open mold*. dengan perbandingan variasi matriks sari pati kentang

5. Setelah tercampur cetakan diberikan tekanan 250 gram agar spesimen terbentuk secara merata pada cetakan.
6. Biarkan spesimen didalam cetakan dan didiamkan pada suhu ruang selama 14 hari.
7. Menimbang spesimen setiap 2 atau 3 hari untuk melihat massa dari spesimen apakah sudah tidak berkurang lagi. Apabila sudah tidak berkurang maka spesimen sudah kering.
8. Setelah spesimen kering, lepaskan komposit dari cetakan.
9. Potong dan haluskan spesimen sesuai bentuk ASTM yang telah ditentukan.



Gambar 4. Spesimen Serap Suara



Gambar 5. Spesimen Porositas

10. Spesimen siap diuji

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Penelitian Uji Serap Suara

Berikut data uji serap suara *green composite* serat bambu dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Tabel Data Penelitian Uji Serap Suara

No.	Frekuensi (Hz)	5% Serat	7,5% Serat	10% Serat
		α	α	α
1	400	0,60	0,65	0,54
2	800	0,50	0,58	0,51
3	1200	0,34	0,32	0,35
4	1600	0,35	0,37	0,35
5	2000	0,50	0,40	0,38
6	2400	0,41	0,39	0,40
7	2800	0,31	0,35	0,44
8	3200	0,48	0,41	0,44
9	3600	0,35	0,40	0,44
10	4000	0,13	0,26	0,24
Rata-rata		0,39	0,41	0,41

Berikut data uji serap suara *green composite* serat bambu dalam grafik pada gambar 6 :



Gambar 6. Grafik Data Pengujian Serap Suara

Dari gambar 6 dapat disimpulkan fenomena yang terjadi pada grafik hubungan frekuensi dan α pada setiap fraksi volume bahwa pengaruh komposisi serat pada spesimen tidak memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan spesimen dalam penyerapan suara, terbukti pada grafik diatas spesimen dengan fraksi volume serat 7,5% memiliki penyerapan suara lebih baik apabila dibandingkan dengan 5% dan 10%.

Pada pengujian serap suara, spesimen dengan fraksi volume serat 7,5% memiliki rata-rata tingkat penyerapan suara paling tinggi, tepatnya pada frekuensi paling kecil pada uji kali ini yaitu 400 Hz dengan α sebesar 0,65 dimana setara dengan 4,55 dB *Sound Reduction Index* (ISO 140-3). Sedangkan spesimen uji dengan rata-rata tingkat penyerapan suara paling rendah yaitu spesimen dengan volume serat 5% 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 $\alpha > 0,15$ (ISO, 1997).

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 [5].

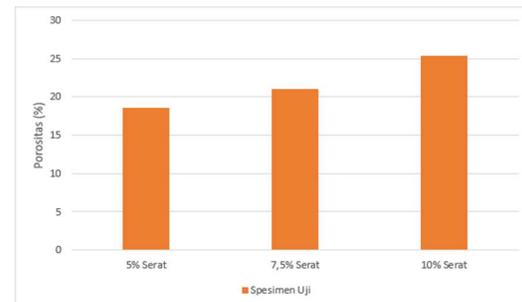
4.2 Hasil Uji Porositas

Berikut nilai uji Porositas *green composite* serat bambu dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Tabel 3 :

Tabel 3. Tabel Data Penelitian Uji Porositas

No.	Komposisi (%)	Spesimen	Wb (gr)	Wk (gr)	Porositas (%)
1	95 Matriks : 5 Serat	1	42,86	35,40	21,07
		2	41,60	36,25	14,76
		3	42,54	35,45	20,00
		Rata-rata			18,58
2	92,5 Matriks : 7,5 Serat	1	43,76	35,80	22,23
		2	42,90	35,60	20,51
		3	43,50	36,10	20,50
		Rata-rata			21,08
3	90 Matriks : 10 Serat	1	43,74	34,35	27,34
		2	42,10	33,90	24,19
		3	43,00	34,50	24,64
		Rata-rata			25,39

Berikut data uji porositas *green composite* serat bambu dalam grafik pada gambar 7 :



Gambar 7. Grafik Data Porositas

Pada gambar diatas terlihat terlihat bahwa, porositas pada spesimen dengan fraksi 10% serat memiliki nilai tertinggi apabila dibandingkan dengan yang lainnya yakni sebesar 25,39%. Hal ini disebabkan semakin besarnya fraksi volume serat pada spesimen yang membuat porositas menjadi lebih besar. Menurut [12] penambahan fraksi volume serat dalam komposit meningkatkan nilai porositas dari komposit karena *interface* antara serat dan matriks semakin kurang rapat. Sebaliknya nilai terendah yang didapat yaitu pada fraksi volume 5% sebesar 18,58%.

Hubungan antara porositas dengan serap suara sangat erat sehingga dapat disimpulkan, semakin tinggi porositas suatu bahan maka semakin baik kemampuannya dalam menyerap suara [4]. Penambahan serat pada spesimen memiliki dampak positif bagi penyerapan suara seperti kestabilan dalam penyerapan suara.

5. Penutup

5.1 Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh dari fraksi volume *green composite* serat bambu dengan matriks sari pati kentang terhadap kemampuan penyerapan suara dan porositas dapat ditarik kesimpulan :

1. Pengaruh variasi fraksi volume serat bambu pada spesimen menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan apabila dibandingkan dengan variasi spesimen uji lainnya terhadap kemampuan penyerapan suara. Grafik pada setiap frekuensi cenderung fluktuatif, mengalami penurunan drastis pada frekuensi 1200 Hz dan 4000 Hz. Kemampuan menyerap suara terbaik terdapat pada frekuensi 400 Hz pada setiap variasi fraksi volumenya.
2. Pengaruh variasi fraksi volume serat bambu pada spesimen menunjukkan adanya pengaruh terhadap porositas dari spesimen, dibuktikan dengan adanya peningkatan secara konsisten terhadap porositas spesimen yaitu 18,58%, 21,08%, dan 25,39% secara berurutan. Spesimen dengan fraksi volume 10% Memiliki nilai porositas tertinggi dibandingkan dengan spesimen lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang dipaparkan diatas, saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan pengalaman selama masa penelitian sedang berlangsung sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahan penyerap yang mempunyai sifat berpori.
2. Memvariasikan panjang serat pada komposisi *green composite* agar dapat menghasilkan penyerapan suara yang lebih baik dan stabil.
3. Meningkatkan ketelitian dan kepresisian spesimen sehingga menghasilkan spesimen yang mampu menyerap bunyi dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Anshari, M. H., Artika, K. D., & Kuswoyo, A. (2018). Analisa Pengukuran Tingkat Kebisingan Sepeda Motor Berdasarkan Rpm Dan Jumlah Kendaraan. *Jurnal Elemen*, 5(1), 07.
- [2] Kaharuddin, & Kusumawanto, A. (2011). Rekayasa Material Akustik Ruang Dalam Desain Bangunan. *Forum Teknik*, 34(1), 9. 2
- [3] Eriningsih, R., Widodo, M., & Marlina, R. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam. *Arena Tekstil*, 29(1), 1–8.

- [4] Cao, L., Fu, Q., Si, Y., Ding, B., & Yu, J. (2018). Porous materials for sound absorption. In *Composites Communications* (Vol. 10, hal. 25–35). Elsevier Ltd.
- [5] Pambudi, A. (2017). Proses manufaktur komposit berpenguat serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) dan matriks unsaturated polyester dengan metode hand lay-up untuk aplikasi otomotif. 102.
- [6] Sunarti, T. C., Nunome, T., Yoshio, N., & Hisamatsu, M. (2001). Study on Outer Chains Released from Amylopectin between Immobilized and Free Debranching Enzymes. *Journal of Applied Glycoscience*, 48(1), 1–10.
- [7] Ngo, T.-D. (2020). Introduction to Composite Materials. *Composite and Nanocomposite Materials - From Knowledge to Industrial Applications*.
- [8] Gliscinska, E., De Amezaga, J. P., Michalak, M., & Krucinska, I. (2021). Green sound-absorbing composite materials of various structure and profiling. *Coatings*, 11(4), 1–20.
- [9] Doelle. (1986). *Akustik Lingkungan*. Erlangga.
- [10] Prakoso, A. E., Farachniamala, A., Andayani, P., Effendi, O. M., Yunianto, M., & Sabrina, M. (2017). Pembuatan Alat Impedance Tube dan Simulasi Pengukuran Koefisien Serap Menggunakan Software MATLAB R2013A. *Positron*, 7(1), 8–11.
- [11] Wahyudi, S. T., & Rahayu, Y. (2015). Aplikasi Spectrum Analyzer Untuk Menganalisa Frekuensi Sinyal Audio Menggunakan Matlab. *Jom FTEKNIK*, 2(2), 1.
- [12] Sari, N. H., Fajrin, J., & Yudhyadi, I. G. N. K. (2018). Studi eksperimental terhadap porositas dan hambat alir udara pada komposit penyerap suara. *Dinamika Teknik Mesin*, 8(1), 35.

