

# PELEPAH PISANG SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL DALAM MENGURANGI SUARA

**Adindra Maharsi K. Astuti<sup>1</sup>, Danny Hidayat<sup>2</sup>,  
Vincent Fanuel Gedalya<sup>3</sup>, Patricia P. Noviandri<sup>4</sup>.**

Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana,  
Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No.5-25, Kotabaru, Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa  
Yogyakarta 55224  
Email: adindramaharsi97@gmail.com

## Abstrak

Tingkat kenyamanan suatu ruangan dapat menjadi tidak optimal akibat kebisingan yang kurang tereduksi. Kebisingan dalam ruangan salah satunya disebabkan oleh pemilihan bahan atau material dinding (pelengkap) yang tidak tepat. Beberapa bahan dari serat alam, seperti: sabut kelapa, sekam padi, dan limbah gergaji kayu dapat dijadikan alternatif dinding pereduksi suara. Elemen berpori adalah karakteristik dari suatu material yang efektif dalam mereduksi suara. Dalam penelitian ini pengujian menggunakan limbah pelepah pisang kering sebagai alternatif partisi dinding peredam suara. Pelepah pisang dipilih karena material tersebut setelah dikeringkan akan memiliki tekstur berpori (berongga), selain itu pohon pisang memiliki siklus pertumbuhan yang relatif cepat sehingga mempermudah dalam mendapatkan material utama dari penelitian ini. Pelepah pisang mudah didapat di Indonesia dengan harga yang murah. Dalam segi akustik, sifat fisik dari pelepah pisang dapat memenuhi karakteristik penyerapan suara. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas pelepah pisang sebagai material pelapis dinding yang mampu meredam suara. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui efektifitas beberapa jenis anyaman pelepah pisang kering dalam mengurangi suara. Anyaman pelepah pisang kering menjadi pelapis pembatas ruang berbahan akrilik. Pengurangan suara paling efektif menggunakan anyaman tipe A anyaman “kipas sate” dengan 1 gulung modul (tebal dan rapat) sehingga mampu mengurangi suara sebesar 15 dBA.

**Kata kunci:** material peredam suara; efisiensi ; pelepah pisang ; suara

## Abstract

**Title:** *Banana Stem as Alternative Material to Noise Reduction*

*The comfort level of a room can be not optimal because of unreduced noise. This noise can be caused by the inexact choice of wall material (cover). Several materials from natural fibre, such as coconut fibre, rice hull, and sawdust can be used as alternative sound reducing wall. Porous element is the characteristic of an effective material in reducing sound. This research use dried banana stem as the alternative sound reducing partition wall. Dried banana stem is chosen because the material will have a porous (hollow) texture after dried, besides that the banana tree has a fast growth cycle, it make's easier to obtain the main material in this research. Banana stem is easily to find in Indonesia at low prices. In terms of acoustics, the physical properties of banana midribs can meet the characteristics of sound absorption. The purpose of this research is knowing the effectiveness of banana stem as soundproofing material. This research uses experimental method to discover the efficiency kind of dried woven banana stem in reduce sound. Woven dried banana fronds into acrylic limiting coating The most effective redicing uses woven type A such as woven “kipas sate” with 1 roll module (thick and tight) with 15 dBA.*

**Keywords:** *soundproofing material, efficiency, banana stem, sound.*

## Pendahuluan

Sekarang ini Indonesia mengalami perkembangan pembangunan kawasan perkotaan, infrastruktur dan industri. Hal ini akan menimbulkan mobilitas yang tinggi pada kehidupan masyarakatnya. Setiap pembangunan tentu ada dampak positif dan dampak negatif. Salah satu dampak negatif dari hal tersebut adalah kebisingan yang dapat menyebabkan gangguan bagi manusia. Peningkatan jumlah industri dan kendaraan bermotor merupakan penyumbang kebisingan tertinggi yang memberi dampak pada perluasan arah kebisingan (Surharyani, Dhani Mutiara, Moch. Solikin, 2014). Selain dari luar bangunan, kebisingan juga berasal dari dalam bangunan (ruangan) tanpa kedap suara, dapat memberikan ketidaknyamanan bagi manusia yang melakukan aktifitas didalamnya. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (No. Kep 48/ MENLH/11/1996 tentang baku tingkat kebisingan) yang berisi kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan manusia dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Ketenangan sangat diperlukan untuk menunjang aktifitas.

Di Indonesia dengan gaya arsitektur tropis memiliki struktur ringan dan dinding luar terbuka sehingga suara sulit untuk diredam. Material bangunan memiliki tingkat yang berbeda dalam menyerap bunyi. Material keras seperti : beton, kaca, batu bata, dan material padat dan licin lainnya memiliki karakteristik memantulkan hampir semua bunyi yang ada. Maka dari permasalahan yang ada, dibutuhkan material ramah lingkungan yang baik dalam menyerap suara atau bunyi.

Pelepah pisang dapat menjadi alternatif material pereduksi suara yang ramah lingkungan, karena pohon pisang dapat ditemukan dengan mudah di Indonesia. Hampir seluruh bagian dari pohon pisang bermanfaat, buahnya yang diminati masyarakat Indonesia, daunnya yang dapat menjadi kemasan makanan, serta pelepah pisang yang banyak dijadikan kerajinan.

Limbah batang pohon pisang atau pelepah pisang dapat dimanfaatkan menjadi material pereduksi suara, dengan demikian lebih berguna untuk meningkatkan nilai dari pelepah pisang. Pelepah pisang yang dikeringkan memiliki tekstur berserabut dan berpori. Tekstur tersebut dapat menjadi potensi alternatif material kedap suara. Beberapa material lainnya yang memiliki karakter serupa adalah: serat kayu, karpet, kain, serat gelas, serat karang (*rock wool*) dan lain sebagainya (Surharyani, Dhani Mutiara, Moch. Solikin, 2014).

Pelepah pisang sebagai pereduksi suara memiliki potensi komersil yang baik, dengan harga yang murah, lebih ramah lingkungan, dan mudah di dapat dalam jumlah banyak dilingkungan sekitar. Tidak hanya dari segi fungsi yang efektif dalam meredam suara, pelepah pisang juga dapat di anyam dengan pola-pola seni yang menarik sebagai material pelapis dinding kedap suara.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas pelepah pisang sebagai material pelapis dinding yang mampu meredam suara. Material akustik yang berasal dari pelepah pisang ini mampu menjadi suatu *green product* yang ditawarkan karena berasal dari alam. Pertanyaan dalam penelitian ini yaitu bagaimana kemampuan material pelepah pisang dalam mereduksi suara? Dari sampel-sampel yang ada, sampel mana yang memiliki efektifitas paling tinggi dalam meredam suara?

## Landasan Teori/Tinjauan Pustaka

### Akustik Dalam Arsitektur

Akustik adalah ilmu yang tentang tatanan suatu suara dan efek – efek yang ditimbulkan oleh sumber suara terhadap pendengarnya. Arsitektur akustik adalah sebuah teknik dalam mendesain ruangan, struktur, dan konstruksi dari sebuah ruangan tertutup, serta sistem - sistem mekanikal pendukung guna meningkatkan kualitas akustik pada ruangan dengan fungsi khusus seperti ruangan pidato atau musik di dalam suatu ruang. Penerapan aspek - aspek akustik dalam desain arsitektur seperti desain lingkungan, desain tapak, desain bangunan (desain ruang luar) dan desain ruang dalam (aspek utama)

merupakan teknik untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas akustik ruang secara optimal (Sutanto, 2015).

Kebisingan adalah suara yang tidak nyaman untuk didengarkan contohnya seperti suara kegaduhan, suara kendaraan, gema, dan *feedback speaker*. Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999 menyebutkan bahwa kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat - alat kerja yang berada pada titik tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan R.I. No.718/MENKES/PER/XI/1987 tentang kebisingan yang berhubungan dengan kesehatan bahwa kebisingan adalah terjadinya bunyi yang tidak dikehendaki sehingga mengganggu dan membahayakan kesehatan.

### **Insulator Akustik Ruang**

Pada ruang tertentu insulator ruang diperlukan untuk mendukung fungsi ruang tertentu seperti pada ruangan pada sekolah, kampus, gereja, studio musik, dll. Insulator yang di gunakan merupakan material tambahan pada dinding sehingga membuat dinding ruangan dapat menyerap suara dan mengurangi frekuensi suara yang dapat tembus melalui dinding (*sound transfer*).

Dinding yang kedap suara terdiri dari beberapa material tambahan seperti *glasswool*, *rockwool*, karpet, dan *eggtray* dari karton. Bunyi dapat mudah terbentur ke permukaan dinding dalam ruang yang kedap, dan dalam ruang tersebut akan terjadi proses atau fase-fase refleksi, difusi, absorpsi, difraksi, transmisi yang tergantung pada elemen pembentuk ruangnya atau jenis materialnya.

Material penyerap bunyi adalah material yang dapat menyerap energi bunyi yang datang ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Bunyi akan menumbuk partikel - partikel di dalam material, kemudian oleh partikel dipantulkan ke partikel lain, sehingga bunyi terkurung di dalam material. Material penyerap bunyi terdiri dari material berpori, material penyerap panel dan material resonator rongga (Lewis dan Douglas, 1993).

### **Material Insulator Alami**

Serat yang diperoleh dari pelepah pisang merupakan serat yang cukup kuat sehingga cocok dijadikan bahan kain (tekstil). Serat ini juga cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas karena memiliki kekuatan dan daya simpan yang tinggi (Suyanti, dkk, 008: 30). Limbah pelepah pisang yang sudah di keringkan akan memiliki serat seperti material *rockwool* dan *glasswool* selain itu juga memiliki rongga yang dapat menyimpan udara sehingga material limbah pelepah pisang dapat di jadikan sebagai alternatif material insulator akustik ruangan. Resonator rongga (Helmholtz) terdiri dari sejumlah udara tertutup yang dibatasi oleh dinding-dinding tegar dan dihubungkan oleh lubang/celah sempit ke ruang sekitarnya, di mana gelombang bunyi merambat. Resonator rongga memiliki daya serap maksimum pada daerah pita frekuensi rendah yang sempit dan sangat selektif (Doelle, 1993).

## **Metodologi Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Eksperimental. Metode eksperimental merupakan metode yang menitik beratkan pada proses uji coba atau simulasi. Penelitian ini menggunakan sampel uji dengan ukuran 20x20cm. Penelitian dilakukan pada hari Jumat tanggal 15 Maret 2019 jam 14.00-15.30 di ruangan studio A.5.3.

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan daftar tabel pengukuran. Daftar tabel pengukuran digunakan untuk mengisi hasil pengukuran sampel.
2. Menyiapkan sampel anyaman pelepah pisang. Anyaman pelepah pisang merupakan bahan utama dalam melakukan penelitian ini.

3. Menggunakan panel akrilik sebagai pengganti dinding. Ruang yang menggunakan panel akrilik dianggap sebuah ruangan yang digunakan untuk penelitian, memiliki dimensi panjang 20 cm dan lebar 20 cm.
4. Mengukur suara menggunakan 2 alat SPL diletakkan dimasing-masing ruang. SPL merupakan alat yang digunakan untuk mengukur suara yang dihasilkan saat penelitian berlangsung.
5. Sumber suara menggunakan suara (suara hujan) yang konstan dan stabil memakai smartphone (mudah untuk mendapatkan suara hujan dari youtube yang memiliki nilai tekan suara rata-rata 80-90 dbA). Smartphone merupakan sumber suara yang digunakan untuk melakukan penelitian dengan catatan suara yang dihasilkan konstan atau stabil.
6. Pengujian dilakukan dengan meletakkan panel pelepah pisang ditengah ruangan sebagai pemisah. Panel pelepah pisang difungsikan sebagai panel peredam suara dan diasumsikan sebagai material penutup tembok, maka panel pelepah pisang diletakan di tengah ruangan sebagai pemisah.
7. Menyalakan sumber suara yang berasal dari smartphone yang diletakkan didalam panel akrilik dan amati perubahan angka yang dihasilkan oleh SPL.

### Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. SPL (Sound Pressure Level)
2. Smartphone
3. Kaca Akrilik
4. Pengukur ketebalan
5. Cutter
6. Pelepah pisang kering



**Gambar 1. Alat dan Bahan Penelitian**

Sumber : dokumentasi penulis, 2019

### Cara Pembuatan Sampel

1. Menyiapkan serat pelepah pisang yang sudah dikeringkan. Serat pelepah pisang dikeringkan terlebih dahulu karena pelepah pisang yang sudah kering mempunyai rongga udara didalamnya. Pelepah pisang ini mejadi bahan utama dalam melakukan penelitian ini.
2. Memotong secara vertikal pelepah pisang yang sudah kering dengan lebar 5 cm sebanyak yang dibutuhkan untuk membuat panel.
3. Pelepah pisang yang sebelumnya dipotong digulung menjadi beberapa gulungan dengan ketebalan 0,7-1,4 cm.

4. Gulungan dianyam menjadi beberapa panel. Panel akan memiliki perbedaan ketebalan dan motif diantaranya sampel 1 dengan ketebalan 0,7 cm, sampel 2 dengan ketebalan 1 cm, dan sampel 3 dengan ketebalan 1,4 cm.

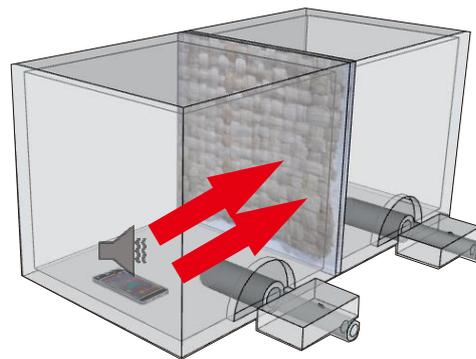


**Gambar 2. Cara pembuatan sampel anyaman pelepah pisang**

Sumber : dokumentasi penulis, 2019

#### Metode pengukuran

1. Panel diuji menggunakan kotak akrilik yang sudah berbentuk ruang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan panel akrilik berbentuk ruang dengan luas 25 cm x 10 cm sebanyak 2 buah dan SPL (*Sound Pressure Level*) untuk mengukur tingkatan suara.
2. Panel pelepah pisang diletakkan di tengah-tengah ruang secara bergantian. Satu panel pelepah pisang disusun dengan pembatas akrilik di bagian tengah. SPL diletakkan di dalam masing-masing panel akrilik. Pelepah pisang yang sudah susun diletakkan di tengah secara bergantian dari sampel 1 sampai sampel 3 kemudian nyalakan sumber suara.
3. Perubahan angka diamati melalui SPL. Pencatatan nilai SPL pada masing-masing ruang.



**Gambar 3. Penyiapan alat uji**

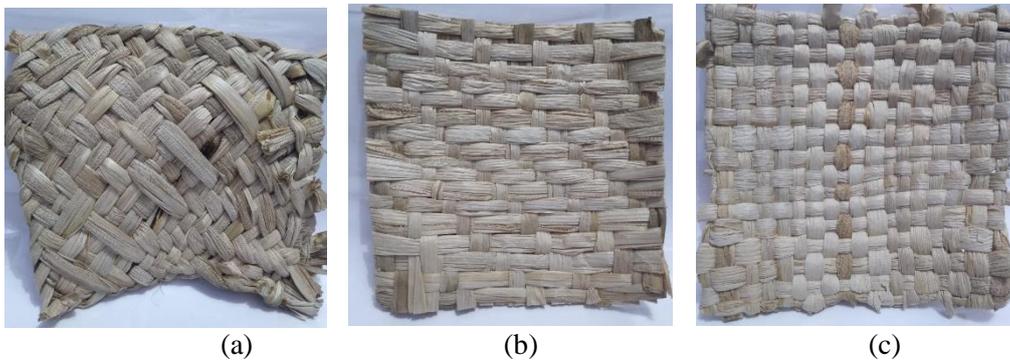
Sumber : dokumentasi penulis, 2019

#### Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, setiap variabel memiliki efek terhadap reduksi suara. Variabel penelitian yang sesuai dengan teori material insulator alami, berupa pola anyaman, modul anyaman, dan ketebalan. Ketiga variabel tersebut memiliki karakteristik dari material insulator yaitu; pola anyaman berhubungan dengan kerapatan (banyaknya partikel yang memantulkan bunyi), modul anyaman berhubungan dengan rongga yang dapat menyimpan udara, ketebalan berhubungan dengan jumlah serat yang dapat mereduksi suara.

1. Pola anyaman.

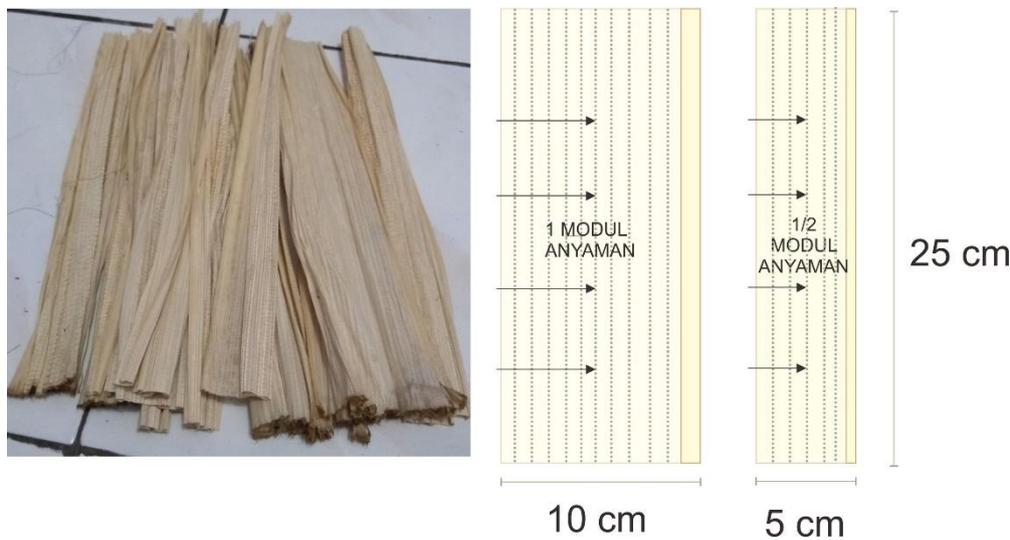
Terdapat 3 pola anyaman yaitu pola anyaman kipas, pola anyaman 3-1, pola anyaman 1-1. Setiap pola anyaman memiliki pengaruh mereduksi suara dilihat dari pola yang menghasilkan kerapatan yang berbeda. Semakin rapat pola anyaman maka nilai reduksi suara tinggi.



**Gambar 4. Sampel 1-Pola Kipas Sate (a), Sampel 2 - Pola 3-1 (b), dan Sampel 3-Pola 1-1 (c)**  
Sumber : Penulis (2019)

2. Modul anyaman

Satu modul anyaman adalah unit atau komponen untuk merangkai anyaman yang memiliki panjang 25 cm dengan lebar 10 cm dan digulung memanjang. Sedangkan 1/2 gulung modul anyaman adalah unit atau komponen anyaman yang memiliki panjang 25 cm dan lebar 5 cm yang digulung memanjang. Variabel modul anyaman berpengaruh mereduksi suara karena memberi rongga dalam sebuah pola anyaman untuk memenuhi sifat dan karakteristik material peredam suara.



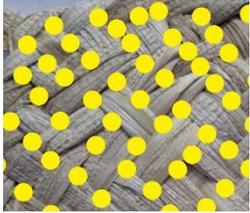
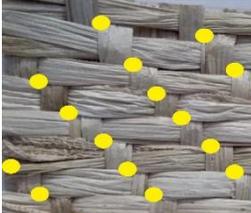
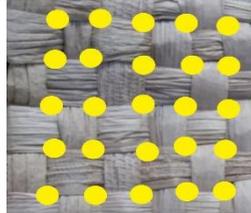
**Gambar 5. Modul Anyaman**

Sumber : Penulis, 2019

3. Ketebalan

Dua variabel diatas memberikan pengaruh terhadap ketebalan anyaman sebagai material pereduksi suara. Semakin tebal anyaman yang dihasilkan maka semakin banyak suara yang akan tereduksi melalui ketebalan dari anyaman yang dibuat.

**Tabel 1. Karakteristik Material**

No Sampel	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Foto			
Karakter Pola Anyaman	 Rapat	 Tidak rapat	 Sedang
Karakter Modul Anyaman	Memakai 1 gulung modul anyaman. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tebal</li> <li>• Berongga</li> <li>• Berserat</li> </ul>	Memakai ½ gulung modul anyaman. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipis</li> <li>• Berongga pipih</li> <li>• Berserat</li> </ul>	Memakai ½ gulung modul anyaman. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipis</li> <li>• Berongga</li> <li>• Berserat</li> </ul>
Ketebalan	4,2 mm	1,2 mm	2,8 mm

Sumber : analisis, 2019

Hasil penelitian memperlihatkan kemampuan anyaman pelepah pisang kering untuk menyerap suara dalam ruangan dan mereduksi suara antar ruangan. Ruang 1 adalah sebuah ruang dengan pelingkup akrilik yang terdapat sumber bunyi sebesar  $\pm 101,6$  dBA didalamnya. Sedangkan Ruang 2 adalah suatu ruangan dengan pelingkup akrilik tanpa ada sumber suara didalamnya.



**Gambar 6. Ruang 1 dengan Sumber Suara dan Ruang 2 penerima suara**

Sumber : Penulis, 2019

Hubungan antara tipe pelapis atau insulasi (anyaman pelepah pisang) terhadap nilai efektifitas penyerapan suara ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini :

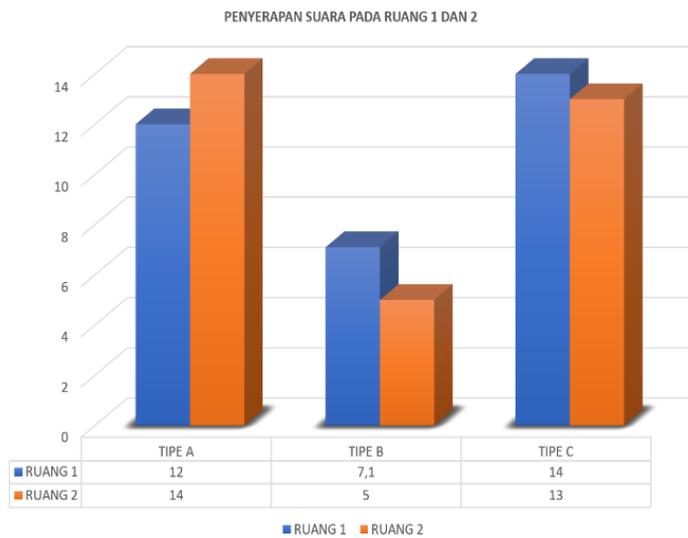
**Tabel 2. Hasil Pengujian Reduksi Kebisingan Menggunakan Pelepah Pisang**

Tipe	Sumber Suara	Nilai Tekanan Suara (dB)		Hasil Reduksi (dB)			KETERANGAN
		Ruang 1	Ruang 2	Penyerapan dalam Ruangan		Reduksi	
				Ruang 1	Ruang 2		
Tanpa Peredam	Tanpa Suara	<b>50,5</b>	<b>49,8</b>	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penyerapan dalam ruangan</li> <li>Reduksi suara antar ruang</li> </ul>
	Suara Hujan	<b>101,6</b>	<b>88,6</b>	-	-	<b>13</b>	Nilai Standar
	Tanpa Suara	50,8	48,2				Hasil pengujian : Reduksi antar ruang efektif (1,8 dbA > standar)
	Suara Hujan	<b>89,6</b>	<b>74,8</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
Sampel 2	Tanpa Suara	52,1	50,8				Hasil pengujian : Reduksi ruangan kurang efektif (2,3dbA < standar)
	Suara Hujan	<b>94,5</b>	<b>83,8</b>	<b>7,1</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	
Sampel 3	Tanpa Suara	49,6	48,9				Hasil pengujian : Reduksi ruangan mendekati efektif (2,3dbA < standar)
	Suara Hujan	<b>88,1</b>	<b>75,2</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	

Sumber : Penulis, 2019

Ada tiga pola anyaman yaitu anyaman kipas pada Sampel 1, anyaman 3-1 pada Sampel 2 , anyaman 1-1 pada Sampel 3. Ketiganya memiliki kerapatan yang berbeda beda dan dianyam dengan modul yang berbeda pula yang membuat ketebalan anyaman jadi berbeda.

Sampel 1 dibuat sesuai dengan anyaman kipas sate pada umumnya. Pola ini memiliki kerapatan anyaman yang baik, karena saat dianyam harus rapat dan dengan pola yang brlanjutan yang hanya menggunakan beberapa modul (1 gulung utuh) anyaman yang panjang untuk dapat menyelesaikan sebuah anyaman, hal tersebut memberikan dampak rapat (sedikit celah antar anyaman) karena tidak dianyam dengan banyak modul (modul kecil pendek). Anyaman ini paling efektif dalam mengurangi bunyi dari ruang 1 ke ruang 2 (antar ruang) dengan nilai 15 dbA.



**Gambar 7. Grafis Skema Nilai Penyerapan Suara pada Ruang 1 dan Ruang 2**

Sumber : Penulis, 2019

Sampel 2 memiliki kerapatan yang kurang karena daya ikat antar modul anyaman kurang kuat, sehingga masih ada rongga yang terbentuk dari pola ini. Pola ini juga dibuat dengan menggunakan banyak modul (1/2 gulung) dengan panjang setiap modul 25 cm yang dirangkai menjadi sebuah anyaman. Dengan demikian anyaman ini kurang efektif dalam mereduksi bunyi dalam ruangan dengan nilai 7,1 dBA pada ruang 1 dan 5dBA pada ruang 2, serta kurang efektif untuk mereduksi suara antar ruang dengan nilai dibawah standar yaitu 11 dBA

Sampel 3 merupakan anyaman dengan pola yang paling sederhana. Walaupun sederhana, pola ini memiliki kerapatan yang cukup baik karena memiliki ikatan disetiap 1 kali pola (keluar 1 kali, masuk 1 kali dengan saling silang dan bertumpuk). Dibuat dengan menggunakan banyak modul (1/2 gulung) dengan panjang 25 cm yang dirangkai menjadi sebuah anyaman. Karena hanya sekali pola penyilangan membuat pola ini rapat dan menggunakan lebih banyak modul dari pada sampel 2 dan memiliki ketebalan yang cukup. Dengan demikian sampel 1 mampu dengan efektif mengurangi suara dalam setiap ruangan sebesar 14 dBA pada ruang 1 dan 13 dBA pada ruang 2 (gambar 8).



**Gambar 8. Grafis Skema Nilai Penyerapan Suara antar Ruang**

Sumber: Penulis, 2019

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sampel 1 (kipas) memiliki pola yang paling efektif untuk menurunkan nilai intensitas suara dari ruang 1 ke ruang 2 dengan nilai 15 dBA, sehingga suara dari suatu ruangan tidak banyak yang keluar atau terdengar di ruang lainnya
2. Kerapatan dan ketebalan anyaman berpengaruh terhadap pereduksi suara karena semakin rapat dan tebal sampel, maka semakin kedap ruangan tersebut
3. Serat alam pelepah pisang kering dapat dijadikan alternatif material pereduksi suara, karena memiliki karekteristik berserat dan berongga seperti material insulasi dinding.
4. Penggunaan material alami seperti limbah pelepah pisang ini juga dapat membantu mengurangi limbah yang terbuang dan mencemari lingkungan selain itu juga dapat mengurangi biaya untuk pembuatan peredam suara yang akan mahal harganya jika menggunakan material fabrikasi.

## Daftar Pustaka

- Lewis dan Douglas. (1993). *Industrial Noise Control Fundamentals and Application*. New York: Revisied.
- Doelle, L. (1993). *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- Surharyani, Dhani Mutiara, Moch. Solikin. (2014). Pemanfaatan Limbah Pelepah Pisang Susu untuk Bahan Material Dinding Kedap Suara. *Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS*, A106 - A107.
- Sutanto, H. (2015). *Prinsip - Prinsip Akustik dalam Arsitektur*. YOGYAKARTA: PT.KANISIUS (Anggota IKAPI).