

**PENGARUH KERAPATAN TERHADAP KOEFISIEN ABSORPSI BUNYI PAPAN PARTIKEL SERAT DAUN NENAS (*Ananas comosus L Merr*)**

Wahyudil Hayat \*), Syakbaniah \*\*), Yenni Darvina\*\*\*)

\*) Mahasiswa Jurusan Fisika, FMIPA, UNP. Email : [wahyudilhayat@yahoo.co.id](mailto:wahyudilhayat@yahoo.co.id)

\*\*\*) Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA, UNP. Email : niasyk\_unp@yahoo.com

\*\*\*\*) Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA, UNP. Email : ydarvina@yahoo.com

**ABSTRACT**

*The main objective of this study was to determine the effect of density on board sound absorption coefficient of the particle board pineapple leaf fiber which will be applied as a silencer. Preparation of the sample begins with the separation of basic ingredients, followed by the manufacture of rectangular samples with a size of  $9 \times 9 \times 0.5$  cm using a machine felts, then the acoustic characteristics of the specimens were tested using a resonance tube. From the research that has been done can be concluded that at low density the greater the density of the sound absorption coefficient of the particle board pineapple leaf fiber, the greater the coefficient absorbsinya. At high density, the sound absorption coefficient down.*

*Keywords: absorption coefficient, pineapple fiber, acoustic material.*

**PENDAHULUAN**

Kebisingan adalah suatu masalah besar yang tengah dihadapi oleh masyarakat Indonesia pada saat sekarang ini, terutama yang tinggal di daerah perkotaan yang sangat ramai dan sibuk oleh berbagai macam aktivitas masyarakat. Suara keras yang dihasilkan oleh berbagai jenis kendaraan dapat mengganggu konsentrasi dan juga merusak kesehatan manusia. Apabila pengaruh ini tidak ditangani dengan baik, maka akan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, manusia dan hewan. Gangguan kebisingan bisa menyebabkan gangguan pendengaran seperti ketulian. Menurut penelitian Mastria Suandika (2009), orang yang hidup dalam kebisingan lalu lintas cenderung memiliki tekanan darah tinggi dibandingkan dengan orang yang hidup di tempat yang tenang.

Saat ini telah banyak upaya yang dilakukan orang untuk dapat mereduksi kebisingan yang terjadi pada suatu ruangan yaitu dengan menggunakan bahan-bahan peredam bunyi dan penyerap bunyi. Bahan tersebut dalam suatu bangunan biasanya berperan sebagai panel-panel akustik yang dipasang pada dinding pemisah (partisi)

dan plafon. Peredam suara atau absorber adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara dari suatu sumber. Material penyerap bunyi mempunyai peranan penting dalam akustik ruangan, perancangan studio rekaman, ruang perkantoran, sekolah dan ruang lain untuk mengurangi kebisingan yang umumnya sangat mengganggu. Biasanya orang menggunakan bahan yang mengandung *segneselulosa* sebagai bahan dasar untuk pembuatan peredam bunyi salah satunya adalah serat nenas.

Serat nenas adalah salah satu contoh serat yang berasal dari alam yang mengandung bahan *segneselulosa*. Dalam pemanfaatan serat nenas sebagai bahan peredam bunyi, serat nanas di sini nantinya akan diolah menjadi suatu papan serat dimana akan diteliti pengaruh koefisien absorpsinya terhadap koefisien absorpsi bunyi papan partikel serat daun nenas, sehingga dapat diketahui seberapa besar papan tersebut dapat meredam bunyi. Pada penelitian ini, komposisi dari papan serat divariasikan untuk mendapatkan kerapatan yang berbeda.

Serat daun nenas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang

berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu *Ananas cosmosus*, (termasuk dalam family *Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam.

Pemisahan atau pengambilan serat nanas dari daunnya (*fiber extraction*) dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan tangan (*manual*) ataupun dengan peralatan decorticator (Kirby, 1963). Yang biasa digunakan orang adalah cara *water retting* (*manual*). *Water retting* adalah proses yang dilakukan dengan cara merendam dalam air selama beberapa hari dan karena oleh pengaruh mikroorganisme (*bacterial action*), maka serat nanas akan memisahkan dari kulit daunnya.

Kata bunyi mempunyai dua definisi, yaitu: (1) secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara dan (2) secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan diatas (Doelle, 1993). Ketika bunyi menumbuk suatu batas dari medium yang dilewatinya, maka energi dalam gelombang bunyi dapat diteruskan, diserap atau dipantulkan oleh batas tersebut. Pada umumnya ketiganya terjadi pada derajat tingkat yang berbeda, tergantung pada jenis batas yang dilewatinya (Lord, 1980).

Papan serat adalah salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari serat atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas (Maloney, 1993). Papan serat merupakan panel yang dihasilkan dari pengempaan serat kayu atau bahan berlignoselulosa

lain dengan ikatan utama berasal dari bahan baku yang bersangkutan (khususnya lignin) atau bahan lain (khusus perekat) untuk memperoleh sifat khusus.



Gambar 1. Papan Serat (Sartono,2005)

Menurut Lewis dan Douglas (1993) material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu:

1. material penyerap bunyi (*absorbing material*).
2. material penghalang bunyi (*barrier material*).
3. material peredam bunyi (*damping material*).

Pada umumnya material penyerap secara alami bersifat resistif, berserat (*fibrous*), berpori (*porous*) atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif. Ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap, maka energi bunyi sebagian akan diserap dan diubah menjadi panas. Bunyi akan masuk ke dalam material melalui pori-pori. Bunyi akan menumbuk partikel-partikel di dalam material tersebut, kemudian oleh partikel di pantulkan ke partikel lain, begitu seterusnya sehingga bunyi terkurung di dalam material. Kejadian ini disebut proses penyerapan. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan ( $\alpha$ ). Koefisien serapan ( $\alpha$ ) dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1. Nilai koefisien serapan 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna.

Nilai koefisien serapan dihitung menggunakan rumus :

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (1)$$

Dimana : I = intensitas akhir (dB).

$I_0$  = intensitas awal (dB).

$\alpha$  = koefisien absorpsi bunyi.

x = ketebalan sampel.

Impedansi akustik pada dasarnya adalah ukuran nilai hambatan yang diberikan oleh suatu fluida atau medium terhadap rambatan gelombang bunyi. Impedansi akustik juga berpengaruh terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ). Pada bahan material yang kerapatannya tinggi, energi bunyi akan sulit menembus material tersebut karena porositasnya kecil, kecepatan partikel bunyi kecil dan impedansinya besar sehingga bunyi lebih banyak dipantulkan dari pada diserap (Kinsler, 1982).

Menurut Gabriel JF. 2001, bising atau noise dalam konteks akustik memiliki beberapa arti yaitu : (1) Bunyi atau suara yang keras, tidak disenangi, tidak terprediksi, tidak diinginkan (2) Gangguan, dalam bentuk acak dan terus menerus, yang membuat sinyal menjadi tidak jelas atau tereduksi. Untuk mengetahui intensitas suatu kebisingan atau *noise* di suatu lingkungan atau daerah digunakan alat *Sound Level Meter (SLM)*. Nilai ambang untuk batas kebisingan adalah 85 dB dan waktu bekerja maksimum adalah 8 jam per hari. *Sound Level Meter (SLM)* adalah alat pengukur suara, Mekanisme kerja *SLM* apabila ada benda bergetar, maka akan menyebabkan terjadinya perubahan tekanan udara yang dapat ditangkap oleh alat ini, selanjutnya akan menggerakkan meter penunjuk.

Perekat (*adhesive*) adalah suatu substansi yang dapat menyatukan dua buah benda atau lebih melalui ikatan permukaan. Perekat terbagi menjadi dua, yaitu perekat *thermosetting* dan perekat *thermoplastic*. Houwink dan Solomon

(1965) mengemukakan pendapat bahwa perekatan merupakan suatu peristiwa tarik-menarik antara molekul-molekul dari dua permukaan yang direkat. Merekatnya dua buah benda yang direkat terjadi oleh adanya gaya tarik menarik antar perekat dengan bahan yang direkat (*adhesi*) dan gaya tarik menarik (kohesi) antara perekat dengan perekat dan antar bahan yang direkat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen laboratorium dengan menggunakan *Resonator Tube* dan *Sound Level Meter*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan di Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika Fisika Universitas Negeri Padang.

### 1. Bahan

- a. Serat daun nenas.
- b. Perekat yang digunakan adalah lem fox.
- c. Air sebagai pengencer lem.

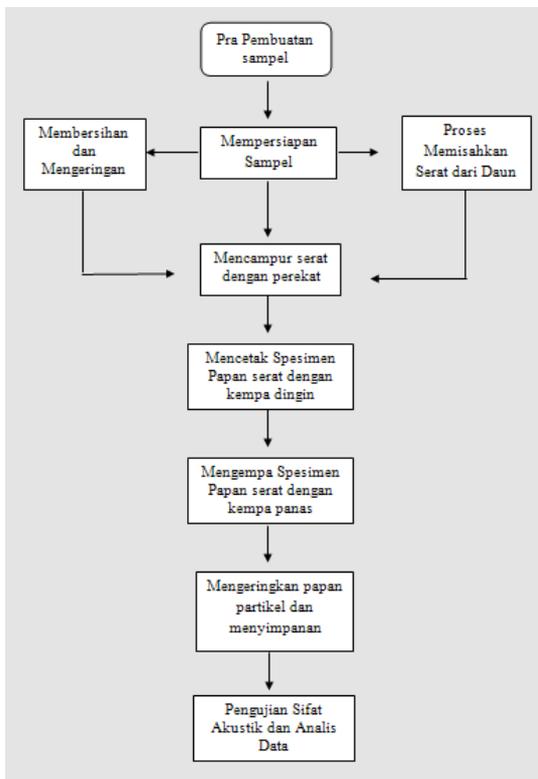
### 2. Alat

- a. Kempa Panas
- b. Gelas Ukur.
- c. Wadah plastik.
- d. Timbangan digital.
- e. Cetakan specimen ukuran 9cm × 9cm × 0,5 cm.
- f. Batang pengaduk.
- g. Alumunium foil.
- h. *Sound Level Meter*.
- i. *Resonance Tube*.
- j. *Audio Frekuensi Generator*.

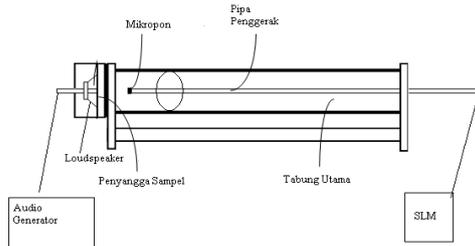
### 3. Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas adalah kerapatan dari papan partikel serat nenas dan frekuensi sumber bunyi.
- b. Variabel kontrol adalah ketebalan dari papan partikel serat nenas.
- c. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai intensitas awal bunyi dari papan partikel serat nenas.

Diagram alir dari percobaan dapat dilihat pada Gambar 2. Berikut ini :



Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Resonance Tube* dan *Sound Level Meter*. Skema Pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema Pengujian Koefisien Absorpsi Bunyi Papan Serat Daun Nenas.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ada, didapatkan hubungan antara kerapatan dengan koefisien absorpsi

bunyi papan serat daun nenas dan hubungan antara frekuensi dengan koefisien absorpsi bunyi papan serat daun nenas.

Melalui hasil pengukuran tersebut, kita mendapatkan data digital nilai intensitas akhir dari sumber bunyi yang melewati sampel dan diolah menggunakan rumus (1) di atas. Dari hasil pengolahan data, di dapatkan hasil koefisien rata-rata bunyi yang disajikan dalam Tabel 1.

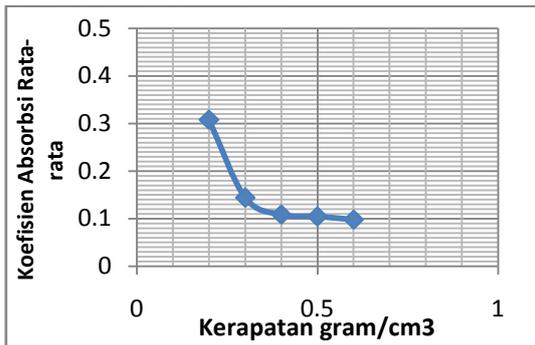
Tabel 1. Hasil Koefisien Absorpsi Bunyi Rata- Rata.

Kerapatan Papan Serat (gr/cm <sup>3</sup> )	Koefisien Absorpsi					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
0.2	0.28889	0.29049	0.33229	0.29531	0.33328	0.308053
0.3	0.14579	0.14191	0.14459	0.14429	0.1428	0.143878
0.4	0.10855	0.10767	0.10796	0.10972	0.10855	0.108492
0.5	0.10416	0.10533	0.10416	0.10329	0.10621	0.104631
0.6	0.10241	0.10095	0.10124	0.10037	0.08382	0.097759

Dari semua tabel di atas, dapat terlihat bahwa nilai dari koefisien absorpsi rata-ratanya secara keseluruhan berkisar antara 0,09-0,83. Nilai koefisien absorpsi rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya frekuensi. Terlihat pada tabel nilai koefisien absorpsi rata-rata maksimum ada pada frekuensi 1600 Hz dan frekuensi minimum pada frekuensi 600 Hz. Selain dipengaruhi oleh frekuensi, nilai koefisien absorpsi bunyi juga dipengaruhi oleh kerapatan. Semakin tinggi kerapatan maka semakin rendah nilai koefisien absorpsi bunyinya.

Dalam penelitian ini frekuensi dibatasi dari 600 Hz sampai dengan 1600 Hz. Hasil yang diperoleh dari pengujian sampel dan perhitungan diplot dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara kerapatan papan serat dengan koefisien absorpsi bunyi gambar berikut ini :

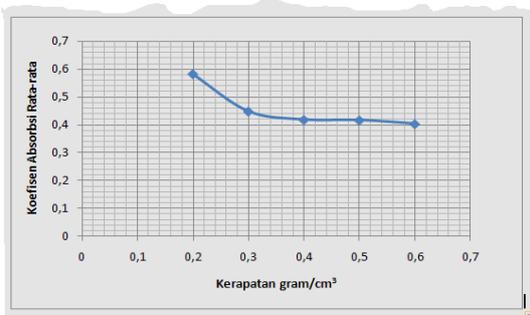
### 1. Frekuensi 600 Hz



Gambar3. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 600 Hz.

Pada frekuensi ini, nilai serapan maksimum yang dicapai oleh papan serat adalah pada kerapatan 0,2 gram/cm<sup>3</sup> yaitu hanya sebesar 0,3 sedangkan nilai koefisien absorpsi minimumnya adalah 0,09. Pada frekuensi ini, papan serat tidak cocok dijadikan sebagai bahan penyerap bunyi karena rata-rata nilai koefisien absorpsinya masih rendah.

### 2. Frekuensi 800 Hz

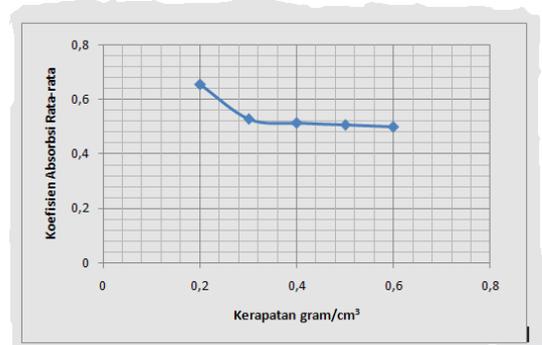


Gambar 4. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 800 Hz.

Berdasarkan Gambar 4. diperoleh bahwa pada frekuensi 800 Hz nilai koefisien absorpsi maksimum yang diperoleh adalah 0,58 pada kerapatan paling rendah yaitu 0,2 gram/cm<sup>3</sup> dan nilai serapan paling rendah ada pada kerapatan tertinggi yaitu 0,6 gram sebesar 0,40. Pada frekuensi ini, papan serat setiap kerapatan cukup baik dijadikan sebagai bahan penyerap bunyi. Menurut Simatupang (2007), material yang

koefisien absorpsinya di atas 0,3 merupakan penyerap bunyi yang baik.

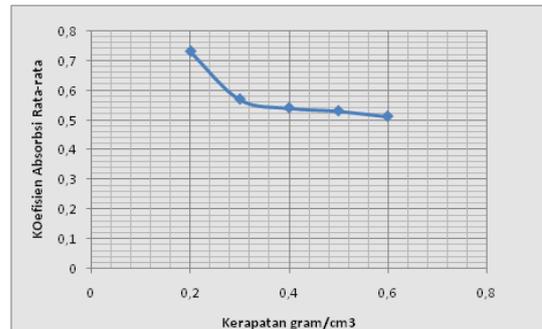
### 3. Frekuensi 1000 Hz



Gambar 5. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 1000 Hz.

Berdasarkan Gambar 9, terlihat bahwa untuk range frekuensi 1000 Hz, koefisien serapan relatif baik dan mencapai nilai puncak maksimum pada angka 0,65 pada papan serat kerapatan terendah yaitu 0,2 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan nilai minimumnya pada angka 0,49 pada kerapatan 0,6.

### 4. Frekuensi 1200.

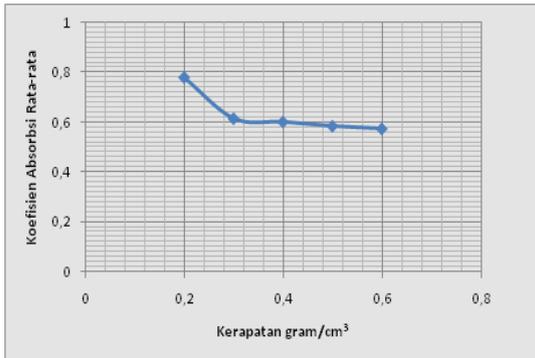


Gambar 6. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 1200 Hz.

Nilai maksimum koefisien absorpsi bunyi pada frekuensi ini mencapai 0,73 pada kerapatan 0,2 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan nilai terendah atau minimum adalah 0,51 pada kerapatan 0,6 gram/cm<sup>3</sup>. Angka ini menunjukkan bahwa papan serat daun nenas untuk seluruh kerapatan dapat menyerap bunyi dengan baik pada

frekuensi ini. Pada frekuensi ini, papan bisa dikatakan baik dijadikan sebagai peredam bunyi karena semua angka koefisien rata-rata absorpsi bunyi untuk setiap kerapatannya di atas 0,3. Hal ini sesuai dengan Doelle (1993) yang diperkuat oleh Simatupang (2007), menyatakan bahwa material yang koefisien absorpsinya di atas 0,3 merupakan penyerap bunyi yang baik.

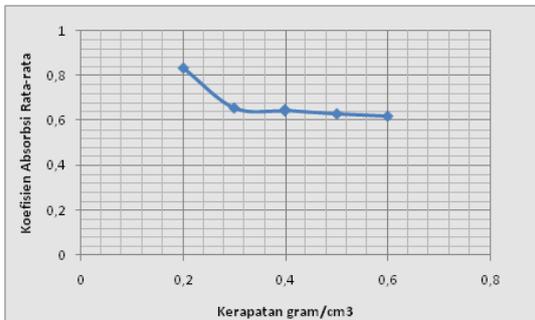
### 5. Frekuensi 1400 Hz



Gambar 7. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 1400 Hz.

Pada frekuensi 1400 Hz, papan serat daun nenas mempunyai nilai puncak penyerapan pada angka 0,77 sedangkan nilai terendah pada angka 0,57. Semakin tinggi kerapatan maka semakin rendah nilai koefisien absorpsi rata-ratanya begitu sebaliknya. Hal ini karena pada kerapatan tinggi, porositas papan rendah dan impedansinya besar sehingga sulit bagi bunyi menembus papan tersebut.

### 6. Frekuensi 1600 Hz



Gambar 6. Grafik Hubungan kerapatan dengan Koefisien Absorpsi pada Frekuensi 1600 Hz.

Berdasarkan Gambar 12. pada frekuensi 1600 Hz kemampuan papan serat daun nenas dalam menyerap bunyi sangat baik sekali. Hal ini ditandai dengan nilai koefisien absorpsi maksimumnya mencapai 0,83 dan nilai minimumnya adalah 0,62 yang berarti bahwa pada frekuensi ini, papan serat daun nenas hampir menyerap semua bunyi yang datang padanya. Nilai maksimum 0,8 merupakan nilai serapan tertinggi untuk semua frekuensi dan kerapatan. Pada frekuensi ini, keseluruhan kerapatan dari papan serat dapat menyerap bunyi dengan baik. Dari sini dapat disimpulkan bahwa papan serat dapat menyerap bunyi dengan baik pada frekuensi tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kerapatan sangat mempengaruhi kemampuan daya serap bunyi suatu material. Hal ini terlihat bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi dari papan serat daun nenas semakin tinggi pada kerapatan terendah dan semakin rendah pada kerapatan tertinggi. Pada papan serat yang memiliki kerapatan rendah mempunyai porositas yang tinggi, karena semakin rendah suatu kerapatan maka semakin tinggi porositasnya (Doelle,1993). Pada penelitian ini, dilakukan pengujian daya serap bunyi dari papan serat daun nenas pada rentang frekuensi 600 Hz-1600 Hz. Untuk frekuensi di bawah 600 Hz, sangat sulit dianalisis karena alat tidak dapat membaca dengan baik nilai intensitasnya. Oleh karena itu koefisien absorpsi yang bisa di analisis dengan baik adalah pada rentang 600 Hz-1600 Hz karena pada dasarnya material penyerap bunyi memiliki kemampuan penyerapan bunyi pada rentang frekuensi tertentu saja berdasarkan sifat dan karakteristik dari masing-masing material (Bell,1994). Demikian pula pada penelitian ini, sampel serat daun nenas menunjukkan kemampuan menyerap bunyi pada rentang frekuensi tertentu saja.

Gelombang bunyi dalam medium yang lebih rapat mempunyai cepat rambat lebih lambat dari pada berjalan pada medium yang lebih renggang. Makin tinggi kerapatan dari suatu sampel maka susunan atom atau partikel di dalamnya akan semakin rapat dan menyebabkan gelombang bunyi yang melalui sampel tersebut mempunyai kecepatan yang kecil sehingga energi bunyi akan sulit menembus dinding sampel tersebut.

Dari grafik terlihat bahwa papan serat dengan kerapatan 0.2 gram/cm<sup>3</sup> memiliki kemampuan absorpsi yang lebih baik dari kerapatan lainnya. Hal itu terlihat dari rata-rata koefisien serapan bunyinya lebih tinggi dari kerapatan lainnya. Semakin tinggi kerapatan maka semakin nilai koefisien absorpsi bunyinya akan semakin turun. Hal ini sesuai dengan rumus  $I = I_0 e^{-\alpha x}$ , terlihat pada grafik bahwa koefisien absorpsi bunyi dari papan serat daun nenas menurun secara eksponensial seiring meningkatnya kerapatan papan. Papan serat yang mempunyai kerapatan rendah cenderung memiliki banyak rongga-rongga atau porositas dibanding dengan papan serat yang berkerapatan lebih tinggi. Hal ini membuat bunyi dapat dengan mudah diserap oleh sampel.

Menurut Doelle (1993) dan Simatupang (2007), bahan material yang dapat dijadikan sebagai bahan penyerap bunyi adalah bahan yang mempunyai nilai koefisien absorpsinya di atas 0,3. Dari grafik di atas terlihat bahwa rata-rata nilai koefisien absorpsi untuk setiap frekuensi berkisar antara 0,04-0,83. Untuk kerapatan 0,2-0,4 umumnya nilai koefisien serapan bunyinya di atas 0,3, sehingga dapat disimpulkan bahwa papan serat daun nenas dapat dijadikan sebagai bahan penyerap atau peredam bunyi. Hal ini sesuai dengan pendapat Maloney (1993) yang menyatakan bahwa material yang mempunyai selulosa yang tinggi sangat baik dijadikan sebagai bahan peredam bunyi. Begitu juga papan dari

serat daun nenas, karena karakteristik dari serat daun nenas mengandung selulosa yang tinggi, mempunyai permukaan lembut dan juga berdaya simpan tinggi, sehingga serat ini memenuhi syarat sebagai bahan akustik untuk penyerapan bunyi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa terhadap data yang diperoleh pada penelitian ini didapatkan beberapa hal yang dapat dijadikan kesimpulan semakin besar kerapatan (*density*) papan serat daun nenas maka semakin rendah nilai koefisien serapan bunyinya begitu sebaliknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baihaqi H. 2009. Hubungan antara Sifat Akustik dengan Sifat Fisis dan Mekanis Lima Jenis Kayu. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Bucur V. 2006. *Acoustic of Wood* (diterjemahan Ria Astika). ITB: Bandung.
- Doelle L. Leslie. 1993. *Akustik Lingkungan*. (diterjemahkan oleh Lea Prasetia). Jakarta : Erlangga.
- Doraiswamy et al. (1993). *Pineapple Leaf Fibres, Textile Progress Vol. 24 Number 1*, Textile Institute.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 2 Edisi Kelima*. [diterjemahkan Dra. Yuhliza Hanum, M. Eng]. Jakarta: Erlangga.
- Halliday dan Resnick. 1996. *Fisika Jilid 2 Edisi Ketiga*. (diterjemahkan Pantur Silaban dan Erwin Sucipta). Jakarta: Erlangga.

- Hidayat, Praktino.2008. *Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil*.Jurnal Teknologi Industri Volume 13 No 2. Hal 31-35.
- Himawanto, DA. 2007. *Karakteristik Panel Akustik Sampah Kota Pada Frekuensi Rendah dan Frekuensi Tinggi Akibat Variasi Kadar Bahan Anorganik* .Jurnal Teknik Gelagar, Vol. 18, No.1 April 2007 : 19-24.(Diunduh 23 Juni 2011).
- Indrawati, Evi.2009. *Koefisien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik dari Pelepah Pisang dengan Kerapatan yang Berbeda* .(Skripsi). Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Jailani M, Nor M, Jamaludin N, Tamiri FM. 2004. *A Preliminary Study of Sound Absorption Using Multi-Layer Coconut Coir Fibers*. Electronic Journal”Technical Acoustics”. (Diunduh 17 Juni 2011).
- Kirby.(1963). *Vegetable Fibres*. Leonard Hill, London.
- Kinsler, L.E., Frey. A. R., 1982. *Fundamental of Acoustics*. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Lewis H. Bell, Dougals H. Bell., 1994, *Industrial Noise Control Fundamentals and Applications*, New York. (diunduh 4 Agustus 2011).
- Lidya (2006). *Pengkajian Teknologi Proses Serat Non Kapas untuk Tekstil*  
<http://www.bbpt.go.id>.(Diunduh 18 Juni 2011).
- Maloney, T.M. 1993. *Modern Partikel Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman, inc San Fransisco ( Diunduh 12 Februari 2011).
- Mastria Suandika (2009),*Pengaruh Biologis Efek Kebisingan Terhadap Makhluk Hidup*.JurnVol.3 Hal 27-29.(Diunduh 18 Juni,2011).
- Tippler,1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jilid 1. Alih bahasa,Lea Prasetio,Rahmad,W.Adi. Jakarta: Erlangga.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood (Structure, Properties, Utilization)*. New York : Van Nostrand. (Diunduh 17 Juni 2011).