

**LAPORAN  
PENELITIAN DOSEN MUDA**



**ANALISA KARAKTERISTIK SERAT SABUT KELAPA  
SEBAGAI BAHAN PENYERAP BUNYI**

**Oleh:**

**Ketua : Zulkarnain, S.T., M.Sc**

**Anggota :**

**H. Ismail Thamrin, S.T., M.T**

**Ir. Firmansyah Burlian, M.T**

**Muhammad Yanis, S.T., M.T**

**Dibiayai dari Dana DIPA Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Nomor: 013/UPPM/IX/FT/2011 Tanggal 01 Agustus 2011**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2011**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN  
PENELITIAN DOSEN MUDA DANA DIPA FT UNSRI  
TAHUN ANGGARAN 2011**

---

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. Judul Penelitian        | : Analisa Karakteristik Akustik Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Penyerap Bunyi |
| 2. Bidang Ilmu Penelitian  | : Rekayasa  |
| 3. Ketua Peneliti          |   |
| a. Nama Lengkap            | : Zulkarnain, S.T, M.Sc   |
| b. Jenis Kelamin           | : Laki-laki   |
| c. NIP                     | : 19810510 200501 1 005   |
| d. Jabatan Fungsional      | : Asisten Ahli  |
| e. Jabatan Struktural      | : -   |
| f. Bidang Keahlian         | : Akustik dan Getaran Mekanik   |
| g. Fakultas/Jurusan        | : Teknik / Teknik Mesin   |
| h. Perguruan Tinggi        | : Universitas Sriwijaya   |
| i. Alamat                  | : Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM.32, Ogan Ilir 30662.                         |
| 4. Jumlah Anggota Peneliti | : 3 Dosen   |
| 5. Waktu Penelitian        | : 6 (empat) bulan   |
| 8. Biaya                   | : Rp. 5.000.000,- (Lima Juta rupiah)  |

Inderalaya, 1 Oktober 2011

Ketua peneliti,

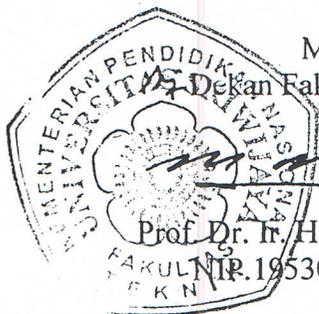
Zulkarnain, ST., MSc

NIP. 19810510 200501 1 005



Mengetahui,  
Ketua DIPA FT Unsri,

Dr. Luty Eugenia Agustina, ST., MT  
NIP. 197809 200809 200003 2 001



Menyetujui,  
Dekan Fakultas Teknik Unsri

Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA

NIP. 19530814 198503 1 002

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kepada Allah S.W.T karena memberikan kami kesehatan yang cukup, waktu dan kematangan pikiran untuk menyiapkan laporan penelitian ini. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada anggota peneliti yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada Prof Dr Ir Taufik Toha DEA, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya karena penelitian ini dibiayai dari dana DIPA tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Tak dapat dipungkiri bahwa selesainya laporan penelitian ini tentunya tidak terlepas dari keterlibatan berbagai pihak yang memberikan sumbangsth baik berupa moril maupun materil kepada penulis, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih.

Akhirnya penulis hanya bisa memanjatkan doa semoga Allah SWT dapat membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi kita semua. Penulis sadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini masih banyak kekurangan di berbagai hal, untuk itu penulis dapat menerima saran dan kritik membangun dari para pembaca.

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Daftar Isi	iv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.2 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kontribusi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Pengenalan	5
2.2 Karakteristik Impedansi Bahan Berpori	7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	11
3.1 Bahan dan Alat	11
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	13
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	17
5.1 Kesimpulan	17
5.2 Saran	17
Daftar Pustaka	18

## ABSTRAK

Serat sabut kelapa mempunyai potensi dikembangkan sebagai bahan penyerap bunyi. Selain merupakan serat alami yang ketersediaannya melimpah, serat sabut kelapa mempunyai kekuatan tarik dan nilai keporousan yang baik. Karakteristik akustik yang umum diukur adalah nilai koefisien penyerapan bunyi dan konstanta perambatan bunyi. Untuk melakukan analisis karakteristik akustik bahan berpori dan berserat, umumnya banyak peneliti menggunakan model persamaan yang dikembangkan oleh Delany & Bazley (1970). Akan tetapi nilai keakuratan yang didapat belum memuaskan. Untuk itu, beberapa peneliti melakukan berbagai penelitian pada bahan-bahan berserat dan berpori. Garai & Pompoli (2005) dan Komatsu (2008) mengenalkan model persamaan baru untuk memperbaiki persamaan dari Delany & Bazley. Penelitian ini bertujuan menganalisa karakteristik akustik dari serat sabut kelapa dengan menggunakan model yang dikembangkan oleh Delany & Bazley (1970), Garai & Pompoli (2005) dan Komatsu (2008). Validitasi data analisis dilakukan dengan menguji sampel sabut serat kelapa. Sampel serat sabut kelapa disediakan dengan ketebalan masing-masing 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm dan 50 mm. Dari perbandingan data hasil analisa dan data pengujian didapatkan bahwa model persamaan yang dikembangkan Komatsu (2008) memberikan nilai yang baik pada range frekuensi rendah yaitu 50 Hz – 1500 Hz, sedangkan pada range frekuensi antara 1550 Hz – 4250 Hz memberikan nilai yang kurang memuaskan.

**Keywords :** Koefisien penyerapan bunyi, konstanta perambatan, serat sabut kelapa.

## BAB I PENDAHULUAN

### 2.1 Latar Belakang

Dewasa ini tingkat kebisingan telah menjadi permasalahan lingkungan yang cukup mengkhawatirkan. Tingkat kebisingan di kota-kota besar meningkat sebesar 1 dB setiap tahunnya. Bising adalah suara atau bunyi gaduh ( berdengung, berdesing) sehingga memekakkan telinga. Bising juga dapat dampak psikologis seperti menghilangkan konsentrasi bagi manusia. Bising psikologis berarti tidak dapat mendengar dan memahami sesuatu karena sedang tegang, mengantuk atau memikirkan hal lain.

Intensitas suara bising dapat dikontrol dengan menggunakan bahan penyerap akustik. Bahan penyerap akustik adalah bahan yang dapat mengurangi energi akustik gelombang bunyi. Energi akustik gelombang bunyi yang mengenai sebuah bahan penyerap akustik, sebagian diserap yang terkonversi menjadi energi panas. Prestasi penyerapan bahan penyerap akustik ini dengan koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ ) yang besarnya antara 0 dan 1.

Di pasaran, bahan penyerap akustik umumnya berupa bahan berpori dan busa berliang atau serat sintetik. Untuk meningkatkan nilai penyerapan bunyi di ferkuensi rendah, bahan penyerap akustik dikombinasikan dengan pelat berlubang, sela udara dan bahan berpori.

Beberapa peneliti melakukan terobosan untuk mengembangkan bahan penyerap akustik baru menggunakan serat organik sebagai bahan penyerap bunyi. Yang et al (2003) meneliti paduan jerami padi dan partikel-partikel kayu menjadi papan komposit untuk menyerap kebisingan. Con Wassilief (1996) menggunakan partikel kayu sebagai bahan dasar. Beliau menunjukkan pengaruh tiga parameter ( ditambah dengan ketebalan sampel) resitivitas aliran udara, porositas, turtuositas yang menentukan nilai penyerapan bunyi. Untuk menyerap kebisingan pada frekuensi rendah harus menggunakan bahan yang lebih tebal. Ini akan menyebabkan peningkatan bobot bahan dan tempat untuk menginstalinya.

Pengukuran koefisien penyerapan bunyi bahan penyerap akustik dapat dilakukan melalui analisis ataupun melalui pengujian di laboratorium. Nilai koefisien penyerapan

bunyi bergantung pada jenis gelombang bunyi datang yang sampai kepada bahan penyerap akustik. Gelombang bunyi datang dapat dibedakan sebagai gelombang datang normal, gelombang datang bunyi serong dan gelombang bunyi datang acak.

## 1.2 Perumusan Masalah

Bahan penyerap bunyi yang biasanya digunakan untuk aplikasi akustik adalah serat sintetik dan busa. Dengan meningkatnya perhatian mengenai resiko kesehatan yang banyak dikaitkan dengan penyebaran serat-serat halus dari serat sintetik dan busa tersebut. Hal ini memberikan peluang kepada bahan penyerap bunyi yang berbahan dasar kayu atau serat organik alami untuk dikembangkan sebagai bahan penyerap bunyi untuk menggantikan serat sintetik ini (Wassilief 1996). Salah satu serat organik alami yang mempunyai potensi digunakan sebagai bahan penyerap bunyi adalah serat sabut kelapa.

Untuk melakukan analisis karakteristik akustik sebuah bahan penyerap akustik, nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang merupakan faktor yang penting untuk di ambil perhatian. Model empiris Delany & Bazley (1970) merupakan salah satu model analisis yang sangat luas digunakan untuk memprediksi nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang kompleks bahan penyerap akustik jenis bahan berpori. Model analisis ini ialah model yang hanya memperhatikan rambatan udara dalam skala makro, sehingga rambatan udara dalam liang tidak di ambil perhatian. Dalam penelitiannya Delany & Bazley (1970) melakukan banyak pengukuran nilai koefisien penyerapan dalam tabung impedansi, kemudian mengembangkan persamaan empiris yang dapat memprediksi nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang.

Akan tetapi persamaan empiris Delany & Bazley mempunyai beberapa kekurangan. Kekurangan dari persamaan di atas ialah persamaan tersebut memberikan hasil yang kurang teliti pada frekuensi-frekuensi rendah dan tinggi. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah dilakukan oleh Garai & Pompoli (2005) untuk memperbaiki persamaan galangan ciri dan nombor gelombang dari Delany & Bazley (1970). Dengan melakukan penelitian terhadap serat poliester, mereka memodifikasi persamaan Delany & Bazley dengan konstanta yang baru. Persamaan yang mereka perbaiki ini disebut *new impedance model* (NMI).

Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Komatsu (2008) mendapatkan persamaan empiris baru yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik akustik bahan berpori. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan persamaan-persamaan empiris yang telah dikembangkan, sehingga mendapatkan permodelan yang dapat digunakan untuk serat sabut kelapa.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik akustik serat sabut kelapa yang mempunyai potensi dikembangkan sebagai bahan penyerap bunyi pengganti bahan penyerap komersil. Mendapatkan analisis yang terbaik dari pemodelan karakteristik akustik yang telah dikembangkan oleh Delany & Bazley (1970), Pompoli & Garai (2005) dan Komatsu (2008). Selain itu dari penelitian ini diharapkan mendapatkan pemahaman mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik akustik dari serat sabut kelapa.

### **1.4 Kontribusi Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memahami potensi serat sabut kelapa sebagai bahan penyerap bunyi untuk menggantikan bahan penyerap bunyi komersil, mendapatkan persamaan empiris yang terbaik dari persamaan-persamaan empiris yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti untuk menganalisis nilai koefisien penyerapan bunyi serat sabut kelapa dan memahami beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik akustik serat sabut kelapa.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan ini dibagikan atas 5 bab, yang masing-masing bab dapat diperincikan sebagai berikut:

Bab I membahas pengenalan tentang pengertian kebisingan, hal-hal yang melatarbelakangi pemilihan penelitian ini, tujuan penyelidikan, dan sistematika penulisan.

Bab II membahas masalah asas dasar yang digunakan dalam merekayasa bahan penyerap akustik yang akan digunakan, sumber-sumber kebisingan, dan karakteristik

bahan penyerap akustik. Penulisan bab II ini berdasarkan kajian-kajian lepas yang telah dilakukan oleh peneliti lain.

Bab III membahas tentang konsep dari metode dan metodologi pengujian menggunakan tabung impedansi, bahan yang digunakan dalam penelitian.

Bab IV membahas hasil yang diperoleh dari pengujian eksperimental dan hasil simulasi bahan penyerap akustik. Bab IV juga membahas analisa hasil dan perbandingan serta kaitannya dengan dasar teori.

Bab V membahas kesimpulan dan beberapa saran yang dibuat untuk penyelidikan selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengenalan

Penyerapan bunyi merupakan hasil dari peristiwa penyerapan energi akustik menjadi energi panas. Banyak penulis menjelaskan mekanisme penyerapan ini (Cox & D'Antonio 2004; Wang & Torng 2001; Zent & Long 2007). Beranek (1993) menggambarkan bahwa peristiwa tersebut akibat partikel udara yang terdapat di dalam bahan berpori bergerak diakibatkan tekanan yang dihasilkan oleh gelombang bunyi. Partikel-partikel udara ini bergerak bersesuaian dengan frekuensi dari gelombang bunyi yang masuk. Gerak bolak-balik partikel udara ini menyebabkan gesekan dengan pori-pori bahan penyerap. Perubahan arah aliran gelombang bunyi bersamaan dengan fenomena pemampatan dan peregangan yang melalui pori-pori bahan mengakibatkan kehilangan energi akustik.

Ciri akustik bahan penyerap berbeda satu dengan yang lainnya bergantung kepada jenis bahan. Bahan penyerap akustik umumnya dibedakan sebagai bahan berpori dan busa sintetik. Bahan berpori yang biasanya digunakan ialah serat gelas dan wol batu. Bahan-bahan ini mempunyai ciri penyerapan akustik yang tinggi dan tahan api. Akan tetapi serat-serat halus bahan tersebut dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan paru-paru manusia, apabila terhirup lagipula bahan tersebut umumnya berharga cukup mahal.

Dengan adanya kelemahan tersebut, beberapa peneliti melakukan beberapa penelitian untuk mendapatkan bahan pengganti yang berasal dari bahan serat organik. Yang et al (2003) telah mendapatkan dalam penelitiannya mengenai komposit jerami padi-serbuk kayu sebagai bahan penyerap bunyi. Nilai koefisien penyerapan bunyi yang didapatkan ialah lebih tinggi berbanding bahan-bahan yang hanya berasaskan kayu. Khedari et al (2003 & 2004) mengembangkan fiberboard yang berasaskan sisa pertanian seperti kulit durian (*Durian zibethinus*) dan sabut kelapa (*cocos nucifera*). Fibreboard yang berhasil dikembangkan mempunyai konduktivitas panas yang rendah tetapi mempunyai biaya produksi yang lebih rendah berbanding bahan komersil.

Wassilief (1996) membuat penelitian bahan penyerap bunyi yang menggunakan serat dan sebuk kayu (*Pinus Radiata*) sebagai bahan dasarnya. Koefisien penyerapan

bunyi yang didapat menunjukkan penyerapan bunyi yang tinggi pada range frekuensi tinggi (1000 Hz – 4000 Hz). Natarajan (2000) juga telah mengeksplorasi dan menilai penggunaan serat alami seperti pelepah kelapa sawit ( *Elaeis guinnesis*), sekam padi (*oryza sativa*) dan sabut kelapa (*cocos nucifera*) sebagai pengisi system komposit berasaskan matriks polimer dalam aplikasi kontrol kebisingan. Mohd Nor et al (2004) dan Zulkifli et al (2008) telah melakukan penelitian dengan menggunakan metode ruang gema dan koefisien penyerapan bunyi memberikan nilai yang tinggi pada range frekuensi tinggi.

Untuk meningkatkan koefisien penyerapan bunyi pada frekuensi rendah dapat dilakukan dengan cara meningkatkan massa jenis bahan atau memperbesar nilai impedansi rintangan aliran udara. Zent & Long (2007) dalam penelitian mengenai pengaruh lapisan membran dan filem menjelaskan bahwa kedua lapisan tersebut dapat meningkatkan koefisien penyerapan pada frekuensi rendah. Lapisan membrane dapat berupa lapisan bahan berpori dengan nilai rintangan aliran yang terhingga, sedangkan lapisan filem merupakan lapisan yang berupa lapisan plastic atau logam dengan rintangan aliran udara yang tak berhingga.

Dalam penelitian Sakagami et al (1996) telah melakukan pengujian mengenai penyerapan bunyi bahan jenis membran atau selaput. Hasil penelitian mereka ini mendapatkan bahwa penggunaan membran atau selaput saja yang digunakan sebagai bahan penyerap bunyi tidak menghasilkan nilai penyerapan yang baik. Oleh karena itu perlu penggunaan bahan berpori dalam menggantikan bagian rongga udara. Penelitian mereka ini juga mendapati penggunaan membrane atau selaput yang disokong bahan berpori dapat meningkatkan penyerapan bunyi pada frekuensi rendah.

Tambah pula untuk meningkatkan nilai koefisien penyerapan bunyi pada frekuensi rendah, dapat pula digunakan pelat berlubang. Ver & Beranek (2006) menjelaskan factor-faktor yang memberikan pengaruh pada nilai penyerapan bunyi pada pelat berlubang iaitu ketebalan, diameter lubang, jarak lubang dan porositas pelat berlubang. Davern (1977) membuktikan bahwa porositas pelat berlubang dan massa jenis bahan berpori memberikan pengaruh terhadap nilai impedansi akustik dan koefisien penyerapan bunyi.

Selain faktor-faktor yang tersebut diatas, nilai koefisien penyerapan bunyi bahan berpori juga dipengaruhi oleh susunan pelat berlubang, bahan berpori dan pelapis yang digunakan. Ersoy & Kucuk (2009) melakukan sebuah pengujian menggunakan serat daun teh yang dilapisi dengan bahan katun tak ditenun menjelaskan bahwa nilai koefisien penyerapan bunyi serat daun teh tersebut meningkat pada frekuensi rendah dan tinggi. Hong et al (2007) juga melakukan pengujian menggunakan partikel karet yang dikombinasikan dengan pelat berlubang dan bahan berpori, menghasilkan pengurangan amplitudo bunyi yang memuaskan.

## 2.2 Karakteristik Impedansi Bahan Berpori

Untuk melakukan analisis karakteristik akustik sebuah bahan penyerap akustik, nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang merupakan faktor yang penting untuk di ambil perhatian. Model analisis empiris Delany & Bazley merupakan salah satu model yang sangat luas digunakan untuk memprediksi nilai impedansi karakteristik akustik dan angka gelombang kompleks bahan berpori. Model ini adalah model analisis yang hanya memperhatikan rambatan udara dalam skala makro, sehingga rambatan udara dalam pori-poribahan tidak diambil perhatian. Dalam penelitiannya Delany & Bazley (1970) melakukan banyak pengukuran nilai koefisien penyerapan dalam tabung impedansi, kemudian mengembang sebuah persamaan empiris yang dapat memprediksi nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang. Nilai impedansi karakteristik  $Z_c$  diberikan oleh persamaan.

$$Z_c = \rho_0 c_0 \left( 1 + 0.0571X^{-0.754} - j0.087X^{-0.732} \right) \quad (1)$$

Sedangkan angka gelombang kompleks,  $k$ , diberikan oleh persamaan

$$k = \frac{\omega}{c_0} \left( 1 + 0.0978X^{-0.700} - j0.189X^{-0.595} \right) \quad (2)$$

Dimana  $\rho_0$  dan  $c_0$  adalah nilai massa jenis dan kecepatan udara, sedangkan  $\omega$  adalah frekuensi sudut. Nilai  $X$  diberikan oleh persamaan

$$X = \frac{\rho_0 f}{\sigma} \quad (3)$$

$f$  adalah frekuensi gelombang dan  $\sigma$  adalah rintangan aliran udara bahan penyerap akustik.

Kekurangan dari persamaan di atas ialah persamaan tersebut, memberikan hasil yang kurang teliti pada frekuensi yang rendah dan tinggi. Oleh karena itu, satu penelitian telah dilakukan oleh Garai & Pompoli (2005) untuk memperbaiki persamaan impedansi karakteristik dan angka gelombang dari Delany & Bazley (persamaan 1 dan 2). Dengan melakukan penelitian menggunakan serat poliester, mereka memodifikasi persamaan 1 dan 2 dengan konstanta yang baru. Persamaan yang mereka modifikasi ini disebut *new impedance model* (NMI).

$$Z_c = \rho_0 c_0 \left( 1 + 0.078X^{-0.754} - j0.074X^{-0.660} \right) \quad (4)$$

$$k = \frac{\omega}{c_0} \left( 1 + 0.159X^{-0.571} - j0.121X^{-0.530} \right)$$

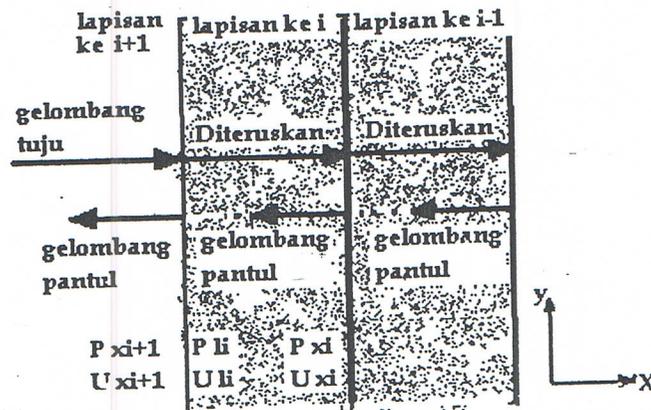
Sedangkan Komatsu (2008) melakukan penelitian untuk 15 jenis bahan penyerap berbahan dasar serat gelas dan 9 jenis bahan penyerap berbahan dasar rock wool. Komatsu (2008) memperkenalkan persamaan baru untuk memperbaiki persamaan Delany & Bazley yaitu:

$$Z_c = \rho_0 c_0 \left\{ 1 + 0.00027 \left( 2 - \log \frac{f}{\sigma} \right)^{6.2} - j0.0047 \left( 2 - \log \frac{f}{\sigma} \right)^{4.1} \right\} \quad (5)$$

$$k = \frac{\omega}{c_0} \left\{ 0.0069 \left( 2 - \log \frac{f}{\sigma} \right)^{4.1} + j \left[ 1 + 0.0004 \left( 2 - \log \frac{f}{\sigma} \right)^{6.2} \right] \right\}$$

Ketika nilai impedansi karakteristik dan angka gelombang kompleks telah diketahui, selanjutnya nilai-nilai tersebut diubah menjadi nilai impedansi permukaan dan koefisien penyerapan bunyi. Kaedah matrik pindah merupakan kaedah yang fleksibel untuk menentukan nilai koefisien penyerapan. Kaedah fungsi matrik pindah merupakan pemodelan perambatan bunyi yang tepat, kaedah ini umumnya digunakan kepada bahan penyerap dengan atau tanpa selaput atau plat berlubang. Kaedah ini dapat digunakan untuk menentukan nilai impedansi permukaan baik untuk panel penyerap dengan lapisan

tunggal maupun banyak lapisan. Gambar 1 memperlihatkan pemodelan dari mekanisme perambatan gelombang bunyi yang merambat pada beberapa bahan.



Gambar 1 Mekanisme perambatan gelombang bunyi pada bahan

Gelombang bunyi yang sampai ke panel penyerap adalah gelombang tuju normal. Pada setiap permukaan bahan tekanan dan kecepatan udara adalah kontinu. Sehingga persamaan tekanan dan kecepatan udara di atas dan di bawah lapisan dapat dinyatakan dengan matriks ialah (Cox & D'Antonio 2004):

$$\begin{Bmatrix} P_{li} \\ u_{li} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_{xi+1} \\ u_{xi+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos(k_{xi} d_i) & j \frac{\omega \rho_i}{k_{xi}} \sin(k_{xi} d_i) \\ j \frac{k_{xi}}{\omega \rho_i} \sin(k_{xi} d_i) & \cos(k_{xi} d_i) \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{xi} \\ u_{xi} \end{Bmatrix} \quad (6)$$

Dimana  $p_{xi}$  dan  $u_{xi}$  adalah tekanan dan kecepatan udara pada lapisan bawah yang ke- $i$ ,  $p_{xi+1}$  dan  $u_{xi+1}$  adalah tekanan dan kecepatan udara pada lapisan bawah yang ke  $(i+1)$ , sedangkan  $p_{li}$  dan  $u_{li}$  adalah tekanan dan kecepatan udara pada lapisan atas yang ke- $i$ ,  $d_i$  ialah ketebalan lapisan,  $\rho_i$  ialah massa jenis lapisan ke- $i$  dan  $k_{xi}$  adalah angka gelombang pada lapisan yang ke- $i$ .

Persamaan di atas dapat digunakan untuk menghitung nilai impedansi permukaan berturut-turut dan secara rekursif, dan persamaan ini merupakan persamaan yang tepat. Jika lapisan bawah ke- $i$  mempunyai impedansi  $z_{si}$ , dan lapisan ke- $i$  mempunyai impedansi karakteristik  $z_i$ , maka nilai impedansi lapisan bawah ke  $i+1$  adalah (Cox & D'Antonio 2004):

$$z_{si+1} = \frac{-jz_{si}z_i \cot(k_{xi} d_i) + z_i^2}{z_{si} - jz_i \cot(k_{xi} d_i)} \quad (7)$$

Nilai pekali penyerapan bunyi dan impedansi permukaan sampel diperoleh dengan persamaan

$$\frac{Z_1}{\rho c} = \frac{1+R}{1-R} \quad (8)$$

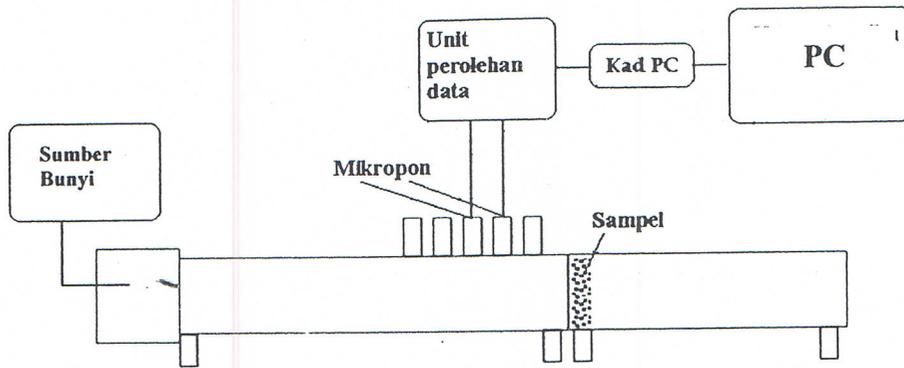
$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (9)$$

dimana R adalah nilai koefisien pemantulan gelombang bunyi.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

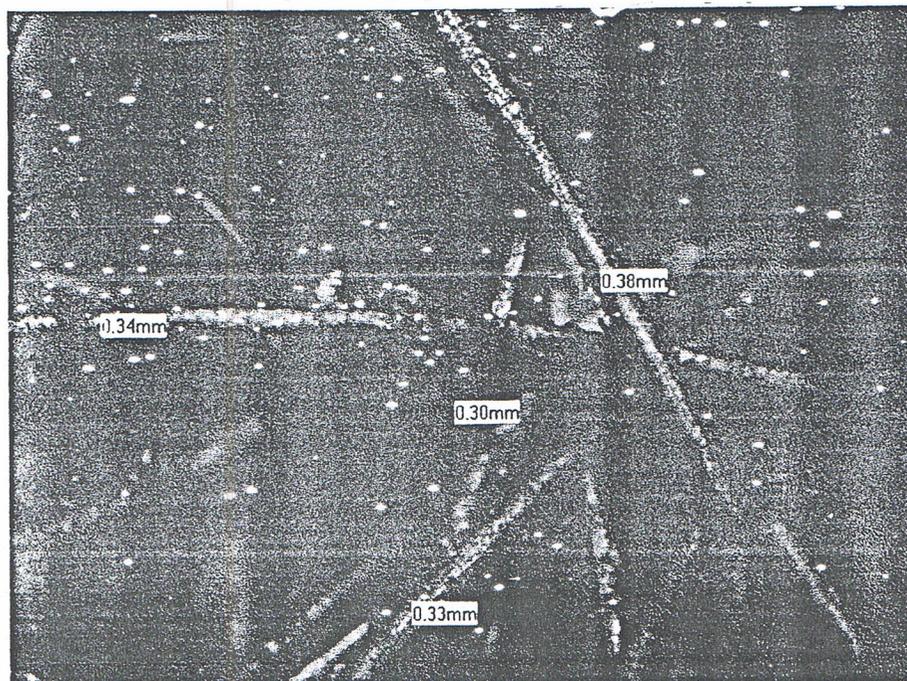
### 3.1 Bahan dan Alat

Penelitian ini mempergunakan bahasa pemrograman SciLab 5.2 untuk melakukan simulasi pemodelan persamaan (1)-(7). Model-model yang diperkenalkan oleh Delany & Bazley (1970), Garai & Pompoli (2005) dan Komatsu (2008). Sebagai parameter utama untuk mendapatkan nilai koefisien penyerapan bunyi, diperlukan nilai airflow resistivity dari bahan penyerap. Untuk keperluan tersebut, ukuran diameter serat sabut kelapa diukur dibawah mikroskop dengan pembesaran 50X. Selanjutnya nilai airflow resistivity dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperkenalkan oleh Garai & Pompoli (2005). Nilai koefisien penyerapan bunyi dihitung dengan frekuensi berkisar antara 50 Hz – 4250 Hz. Untuk validasi data yang didapat melalui persamaan-persamaan (1) – (7) dilakukan beberapa pengukuran dengan beberapa sampel serat sabut kelapa. Sampai disediakan dengan ketebalan 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm dan 50 mm. Pengukuran nilai koefisien penyerapan bunyi serat sabut kelapa dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran di laboratorium dan analisis menggunakan persamaan empiris pada bagian 2.2. Pengukuran dengan metode tabung impedansi menggunakan gelombang bunyi bidang (1 dimensi) yang sampai kepada bahan, oleh itu koefisien penyerapan yang diperoleh disebut dengan pekali penyerapan normal (*Noise Absorption Coefficient*, NAC) (Lee & Chen 2001). Metode tabung impedansi menggunakan sampel yang kecil dengan diameter sampel berukuran 28 mm dan 100 mm. Dalam metode ini, sumber bunyi ditempatkan pada salah satu ujung dari tabung dan sampel dibuat dengan ukuran yang tepat dengan ukuran diameter dari tabung.



Gambar 2 Tabung impedansi

Pengukuran dengan tabung impedansi ini digunakan sebagai nilai pembanding untuk perhitungan analisis dengan menggunakan persamaan empiris yang telah dikembangkan oleh Delany & Bazley (1970), Pompoli & Garai (2005) dan Komatsu (2008).

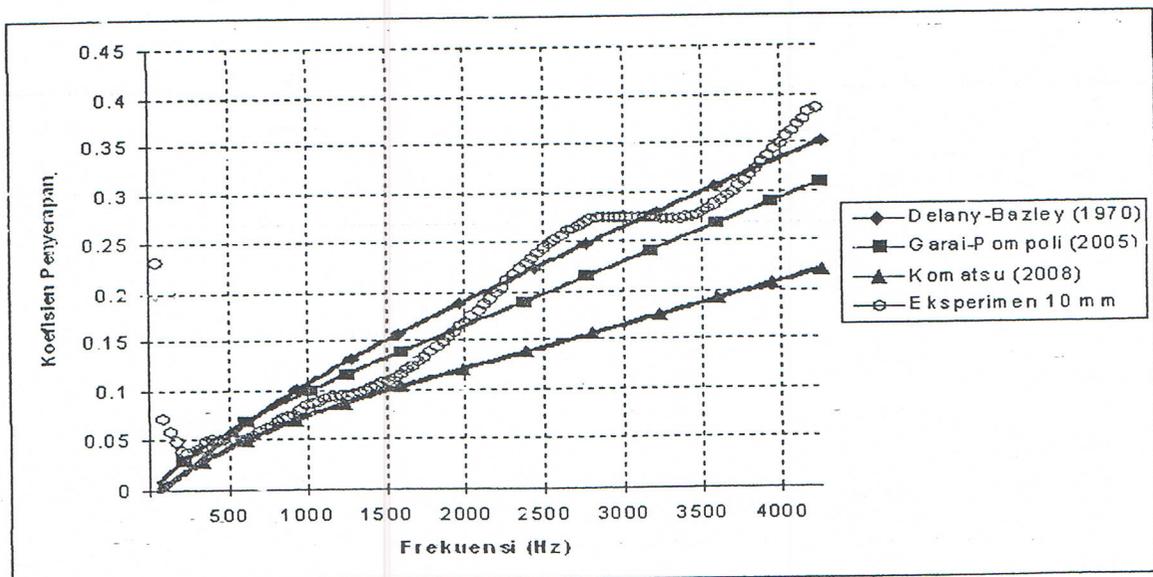


Gambar 3 Foto sampel serat sabut kelapa dibawah mikroskop dengan pembesaran 50X

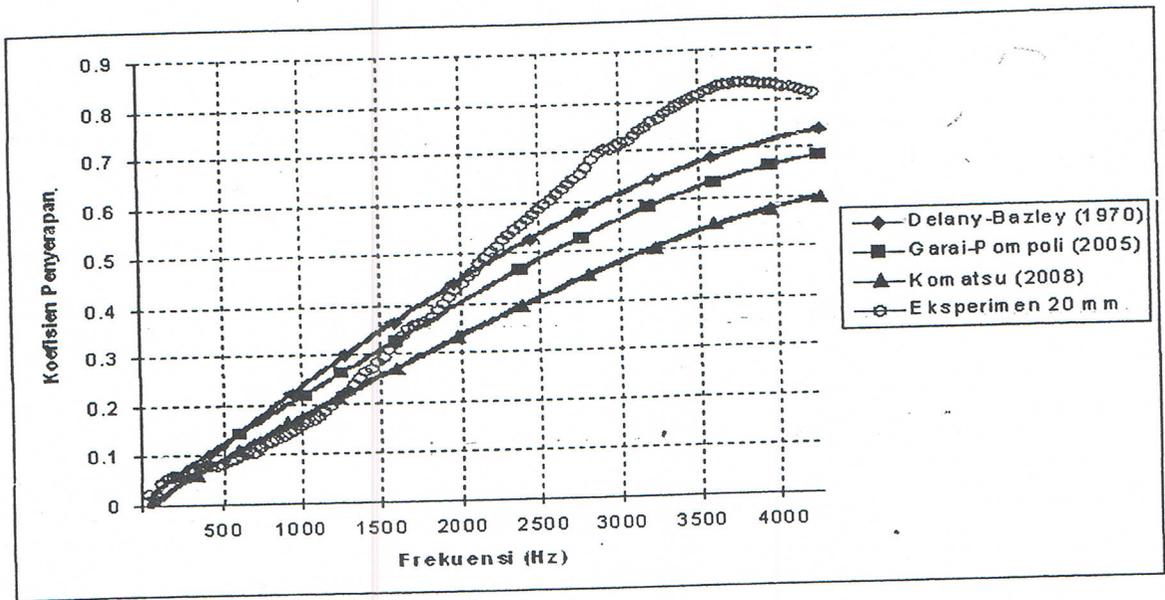
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil pembesaran 50X sampel serat sabut kelapa di bawah mikroskop. Dari pengukuran di bawah mikroskop didapatkan besar serat sabut kelapa berkisar antara 0.30 mm sampai dengan 0.38 mm. Besar diameter serat sabut kelapa ini kemudian dimasukkan kedalam persamaan Garai & Pompoli (2008) sehingga diperoleh nilai airflow resistivity sebesar 4177 rays/m.

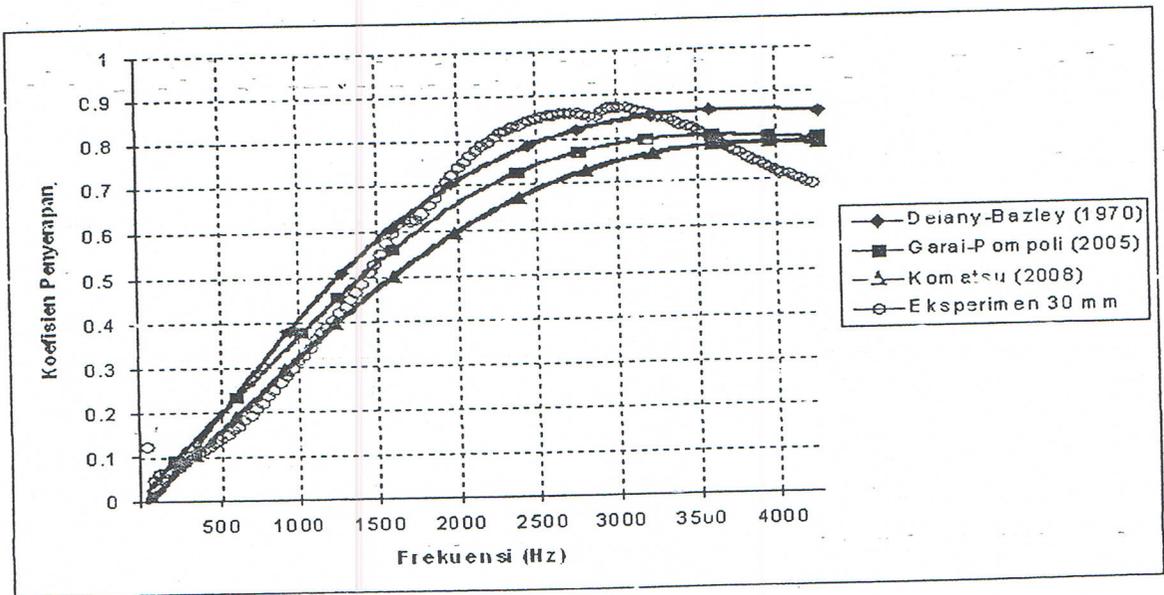
Gambar 4 – 8 merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang dikenalkan oleh Delany & Bazley (1970), Garai & Pompoli (2005) dan Komatsu (2008) dan hasil dari pengujian dengan sampel sabut kelapa dengan beberapa ketebalan. Simulasi untuk koefisien penyerapan bunyi serat sabut kelapa dihitung menggunakan metode matriks transfer (persamaan 6 dan 7). Metode ini dapat juga digunakan untuk menghitung prestasi akustik gabungan beberapa lapisan bahan akustik yang berbeda. Perhitungan dengan metode ini dilakukan pada range frekuensi 50 Hz – 4250 Hz.



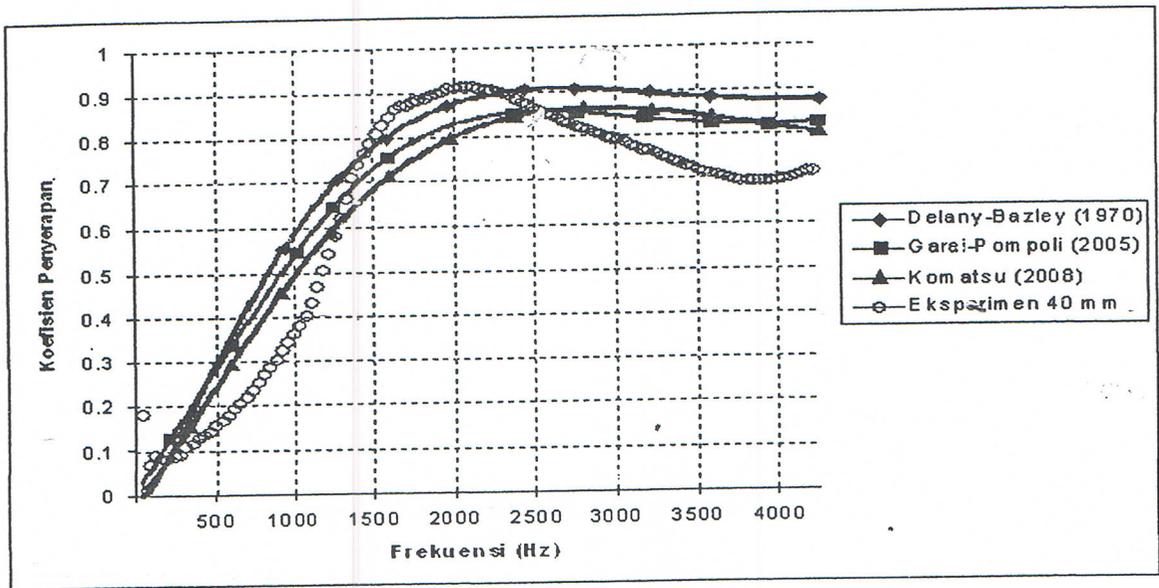
Gambar 4 Hasil perbandingan analisis nilai koefisien penyerapan bunyi sampel serat sabut kelapa ketebalan 10 mm dengan eksperimen



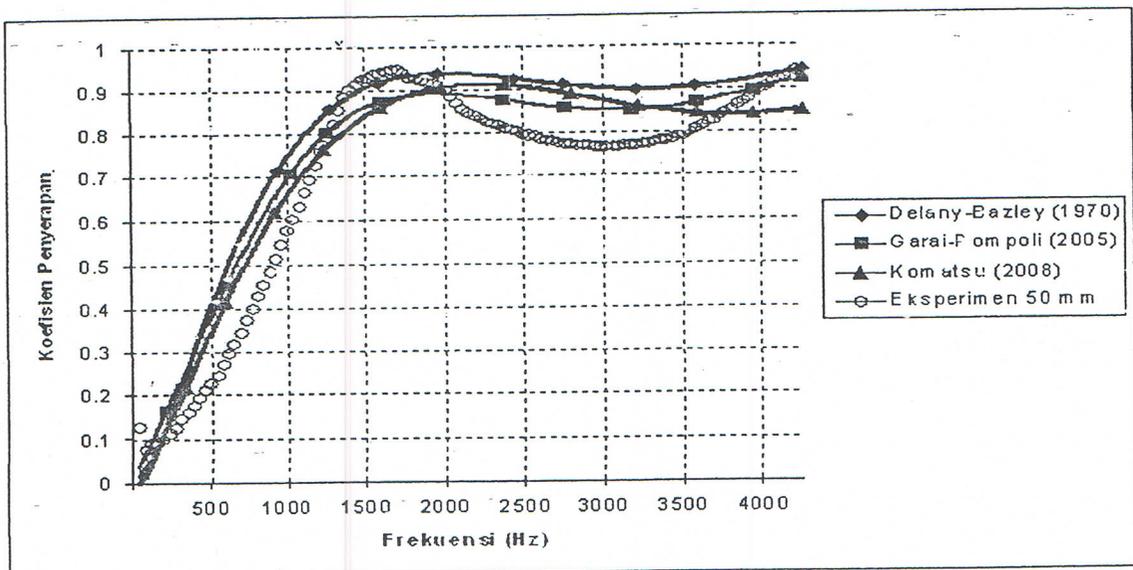
Gambar 5 Hasil perbandingan analisis nilai koefisien penyerapan bunyi sampel serat sabut kelapa ketebalan 20 mm dengan eksperimen



Gambar 6 Hasil perbandingan analisis nilai koefisien penyerapan bunyi sampel serat sabut kelapa ketebalan 30 mm dengan eksperimen



Gambar 7 Hasil perbandingan analisis nilai koefisien penyerapan bunyi sampel serat sabut kelapa ketebalan 40 mm dengan eksperimen



Gambar 8 Hasil perbandingan analisis nilai koefisien penyerapan bunyi sampel serat sabut kelapa ketebalan 50 mm dengan eksperimen

Dari pengujian didapatkan bahwa nilai koefisien penyerapan bunyi terbesar sampel sabut kelapa dengan ketebalan 10 mm adalah 0.39 (gambar 4). Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa analisa nilai koefisien penyerapan bunyi dengan model Komatsu

(2008) lebih mendekati nilai koefisien penyerapan bunyi hasil pengujian dibandingkan dengan model Delany & Bazley (1970) dan Garai & Pompoli pada range frekuensi 115 Hz sampai 1500 Hz, akan tetapi pada julat frekuensi diatas 1500 Hz menunjukkan nilai yang kurang memuaskan. Penyimpangan analisa nilai koefisien penyerapan bunyi dengan model Delany & Bazley terjadi oleh sebab model ini memberi batasan bahwa nilai porositas bahan penyerap mendekati nilai satu, tambah pula model berlaku pada batasan nilai  $0.01 < X < 0.1$ , dan batasan pengukuran nilai airflow resistivity berkisar pada nilai  $1,000 < \sigma < 50,000$  MKS rayl/m ( Delany & Bazley, 1970). Dari hasil pengujian pada range frekuensi dibawah 115 Hz menunjukkan nilai koefisien penyerapan yang membesar secara mendadak, hal ini disebabkan karena terjadinya distorsi gelombang bunyi yang mengenai sisi sampel.

Untuk pengujian sampel-sampel dengan ketebalan 20 mm, 30 mm (gambar 5 & 6) menunjukkan hal yang sama yaitu analisa nilai koefisien penyerapan bunyi dengan model Komatsu (2008) lebih mendekati nilai koefisien penyerapan bunyi hasil pengujian dibandingkan dengan model Delany & Bazley (1970) dan Garai & Pompoli pada range frekuensi 115 Hz sampai 1500 Hz.

Akan tetapi untuk ketebalan sampel 40 mm dan 50 mm (gambar 7 & 8) pada range frekuensi diatas 50 Hz -1500 Hz menunjukkan nilai yang kurang memuaskan untuk semua model yang digunakan. Jika dibandingkan dengan model Delany & Bazley dan Garai & Pompoli, model Komatsu (2008) menunjukkan nilai yang lebih mendekati nilai koefisien penyerapan bunyi hasil pengujian 115 Hz sampai 1500 Hz. Penyimpangan analisa nilai koefisien penyerapan bunyi tersebut terjadi karena masing masing model ini memberi batasan bahwa nilai porositas bahan penyerap mendekati nilai satu, tambah pula jenis sampel yang digunakan mempunyai nilai diameter serat yang seragam. Dari hasil pengujian pada range frekuensi dibawah 115 Hz menunjukkan nilai koefisien penyerapan yang membesar secara mendadak, hal ini disebabkan karena terjadinya distorsi gelombang bunyi yang mengenai sisi sampel.

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah melakukan perbandingan nilai koefisien penyerapan bunyi hasil analisa dengan persamaan-persamaan yang telah diperkenalkan baru-baru ini. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa persamaan model yang dikembangkan oleh Komatsu (2008) menunjukkan hasil yang memuaskan pada range frekuensi 115 Hz – 1500 Hz untuk ketebalan sampel serat sabut kelapa 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Akan tetapi untuk sampel serat sabut kelapa dengan ketebalan yang lebih besar menunjukkan nilai penyimpangan yang cukup besar. Untuk itu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mendapatkan persamaan yang lebih sesuai untuk memprediksi karakteristik akustik bahan penyerap bunyi dengan bahan dasar serat sabut kelapa.

### 5.2 Saran

dari penelitian telah didapatkan bahwa model-model yang diperkenalkan oleh Delany & Bazley, Pompoli & Garai (2005) dan Komatsu (2008) tidak sesuai untuk menganalisa karakteristik akustik dari serat sabut kelapa. Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba dengan menggunakan model yang lebih maju dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yang telah memperhatikan faktor keliukan (*tortuosity*), faktor bentuk pori, dan lain-lain. Selain itu, untuk lebih mengembangkan potensi serat sabut kelapa sebagai bahan penyerap bunyi, perlu dilakukan sebuah penelitian yang membahas pembuatan bahan komposit yang berasaskan gentian sabut kelapa yang dipadukan dengan bahan-bahan polimer.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Cox, J. Trevor, & D'Antonio, Peter, 2004. *Acoustic absorbers and diffusers theory, design, and application*. London: Spon Press.
2. Delany, M. E. & Bazley, E. N. 1970. Acoustical properties of fibrous absorbent materials. *Applied Acoustics* 3(2): 105-116.
3. Davern, W. A. 1977. Perforated facings backed with porous material as sound absorber – an experimental study. *Applied Acoustics* 10: 85–112.
4. Ersoy, Sezgin & Haluk Kucuk. 2009 Investigation of industrial tea-leaf-fiber waste material for its sound absorption properties. *Applied Acoustics* 70: 215-220.
5. Garai, M. & Pompoli, F. 2005. A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications. *Applied Acoustics* 66: 1383-1398.
6. Khedari, Joseph., Charoenvai, Sarocha & Hirunlabh, Jongjit. 2003. New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. *Building and Environment* 38: 435–441.
7. Khedari, Joseph., Nankongnab, Noppanun., Hirunlab, Jongjit & Teekasap, Sombat. 2004. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. *Building and Environment* 39: 59–65.
8. Komatsu, T. 2008. Improvement of the Delany-Bazley and Miki models for fibrous sound absorbing materials. *Acoust. Sci. & Tech.* 29(2).
9. Lee, F. -C. & W.-H. Chen. 2001. Acoustic transmission analysis of multi-layer absorbers. *Journal of Sound and Vibration* 4: 621–634.
10. Miki, Y. 1990. Acoustical properties of porous materials—Generalization of empirical models. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 11, 25-28.
11. Mohd Jailani Mohd Nor, Nordin Jamaludin & Fadzlita Mohd Tamiri. 2004. A preliminary study of sound absorption using multi-layer coconut coir fibers. *Electronic Journal (Technical Acoustics)* <http://webcenter.ru/~eeaa/ejta/>.
12. Sakagami, K., Kiyama, M., Morimoto, M & Takahashi, D. 1996. Sound absorption of a cavity-backed membrane: A step towards design method for membrane-type absorbers. *Applied Acoustics* 49: 237-247.
13. Wassilieff, Con 1996, Sound absorption of wood-based materials. *Applied Acoustics* 48: 339–356.
14. Yang, Han-Seung., Kim, Dae-Jun., & Kim, Hyun-Joong. 2003. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology* 86: 117–121.
15. Zent, Andrea & Long, Jhon. T. 2007. *Automotive sound absorbing material survey results*. SAE international
16. Zulkifli, R. Mohd Jailani Mohd Nor, Ahmad Rasdan Ismail, Mohd Zaki Nuawi & Mohd Faizal Mat Tahir. 2008. Acoustic properties of multi-layer coir fibres sound absorption panel. *Journal Applied Sciences* 8: 3709-3714.
17. Zulkifli, Rozli. Zulkarnain, Mohd Jailani Mohd Nor. 2010. Noise Control Using Coconut Coir Fiber Sound Absorber with Porous Layer Backing and Perforated Panel. *American Journal of Applied Sciences*. 7(2): 260-264.