

## **Efektifitas tingkat serapan bunyi dari hamparan serabut kelapa tanpa penambahan unsur perekat (The effectiveness of sound absorption levels of coir sheet without adhesive elements added)**

**Sabri<sup>1,\*</sup>, Zahrul Fuadi<sup>2</sup>, Samsul Rizal<sup>3</sup>, Hiroomi Homma<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala – Banda Aceh

<sup>4</sup>Visiting Professor, University of Syiah Kuala – Banda Aceh

\* Corresponding author: sabri@unsyiah.ac.id

**Abstract.** The characteristic of sound absorbers can be stated in sound absorption coefficient for each incidence frequency. Generally, absorbent materials have absorption coefficient just in a certain frequency. In this paper would be examined the effectiveness of acoustic absorption level of pure coir fibers without matrix as a base material for alternative sound absorbing walls. The used of natural fibres have many advantages compared to conventional sound absorbers, including reduced production cost, good handling and environmental protection. The sound absorption performance of coir fiber was determined experimentally using a reverberation chamber conforming to the ISO 354 (2003) standard. The results indicate that the sound absorption coefficient is a function of incidence frequency and the angle of incidence sound wave. The maximum absorption coefficient was reached in the value of 90 % at 4000Hz. For the panels of coir, the frequency spans of sound absorption would become wider. This is caused by the existence of air cavity behind the test specimen. The sound absorption coefficient for coir panel with air cavity depth of 4cm was above 80% ranging from 500Hz to 5000Hz. The existence of air cavity behind the samples have increased the sound absorption coefficient significantly.

**Abstrak.** Karakteristik suatu bahan penyerap bunyi dinyatakan dengan besarnya nilai koefisien absorpsi untuk tiap frekuensi eksitasi. Dalam makalah ini, akan diteliti efektifitas tingkat serapan akustik dari serabut kelapa murni tanpa matriks sebagai bahan dasar dinding penyerap bunyi alternatif. Penggunaan serat alam seperti serabut kelapa memiliki banyak keuntungan. Beberapa diantaranya adalah mudah untuk mendapatkan bahan baku, rendahnya biaya produksi, dan yang terpenting adalah untuk pelestarian lingkungan. Kemampuan serapan bunyi dari serabut kelapa dapat ditentukan melalui pengujian di ruang dengung. Prosedur pengujian dilakukan dengan merujuk pada standar ISO 354. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa koefisien absorpsi bunyi merupakan fungsi dari frekuensi eksitasi dan sudut datang gelombang bunyi yang menuju sampel uji. Nilai koefisien absorpsi maksimum dari hamparan serabut kelapa diperoleh pada frekuensi 4000Hz yaitu sebesar 90%. Pada panel serabut kelapa, rentang frekuensi penyerapan menjadi lebih lebar. Hal ini disebabkan hadirnya rongga udara di belakang hamparan serabut tersebut. Nilai absorpsi bunyi di atas 80% terentang pada frekuensi 500Hz hingga 5000Hz yaitu untuk panel serabut kelapa dengan ketebalan rongga udara sebesar 4cm. Hadirnya rongga udara di belakang suatu bahan telah terbukti dapat memperbaiki tingkat serapan bunyi dari panel absorber secara signifikan.

**Kata kunci:** serabut kelapa, ISO 354, koefisien absorpsi bunyi, ruang dengung, panel absorber

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### **Pendahuluan**

Kebisingan telah menjadi suatu masalah yang tidak dapat diabaikan dari kehidupan kita dan merupakan bahaya yang serius pula terhadap kesehatan manusia. Dalam beberapa dasawarsa, tingkat bising keseluruhan dalam rumah di kota-kota besar secara rata-rata telah lebih dari dua kali [1]. Sebenarnya permasalahan pengendalian kebisingan merupakan permasalahan multidimensi dari waktu ke waktu yang menjadi semakin penting sejalan dengan bertambahnya jenis atau jumlah

produk teknik. Tuntutan akan produk yang rendah bising sudah merupakan parameter yang sangat menentukan guna menghasilkan produk dan rancangan yang kompetitif, apalagi bila dikaitkan dengan era pasar bebas. Di banyak negara maju, masalah ambang batas kebisingan produk-produk teknik ini sudah merupakan sebuah persyaratan yang kemudian diperkuat dengan undang-undang.

Upaya pengendalian kebisingan sudah dimulai sejak tahap awal desain produk. Dengan perancangan akustik yang baik dan memanfaatkan

material-material yang sesuai, maka produk yang dihasilkan telah dapat memenuhi persyaratan kenyamanan. Dalam hal ini diperlukan pengetahuan yang baik tentang material akustik itu sendiri.

Untuk mengetahui karakteristik akustik suatu material maka diperlukan pengujian. Pengujian akustik suatu material merupakan suatu proses penentuan properti akustik dalam bentuk penyerapan, pemantulan, impedansi, dan kehilangan transmisi bunyi. Untuk menghasilkan produk yang rendah bising maka pengujian karakteristik akustik material tersebut menjadi semakin relevan bagi para perancang, rekayasaan, dan industri.

Sasaran utama pengendalian kebisingan adalah menyediakan lingkungan akustik yang dapat diterima di dalam maupun di luar ruangan, sehingga intensitas dan sifat semua bunyi di dalam atau sekitar suatu bangunan tertentu akan cocok dengan keinginan penggunaan ruang tersebut. Bebas bising adalah salah satu kualitas lingkungan yang paling berharga yang dapat dimiliki suatu gedung atau ruang eksterior dewasa ini.

Salah satu parameter utama dalam perencanaan akustik suatu ruangan adalah waktu dengung. Untuk mengatur besarnya waktu dengung suatu ruangan dapat dilakukan dengan menambahkan bahan pemantul atau penyerap bunyi pada ruangan tersebut. Bahan untuk memantulkan bunyi cukup banyak dan mudah didapat, sedangkan bahan penyerap bunyi tidaklah demikian. Bahan penyerap bunyi biasanya hanya dapat menyerap bunyi pada rentang frekuensi tertentu saja.

Salah satu jenis bahan penyerap bunyi adalah panel absorber. Panel absorber adalah suatu bahan yang memiliki rongga udara dan pada umumnya memiliki karakteristik penyerapan bunyi yang baik pada frekuensi relatif rendah, yaitu pada rentang frekuensi sekitar 40 - 300 Hz [2]. Pada penelitian ini akan digunakan material serat alam yaitu serabut kelapa sebagai panel absorber yang termasuk ke dalam jenis bahan berpori, dimana pada umumnya memiliki karakteristik penyerapan yang relatif baik pada frekuensi tinggi. Serabut kelapa tersebut akan dibentangkan di atas rangka kayu sehingga menyerupai panel absorber yang memiliki rongga udara dibelakangnya. Dengan menggunakan cara pemasangan seperti demikian, diharapkan akan dapat diperoleh karakteristik penyerapan bunyi yang baik pada rentang frekuensi yang lebar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu jenis material baru yang berbasis serat alam serta mampu menyerap bunyi secara optimal pada rentang frekuensi yang lebar. Selama ini material absorber yang dikembangkan menggunakan serat sintetis yang diimpor sehingga

harganya menjadi sangat mahal. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya [3], serat alam ternyata mempunyai potensi untuk menggantikan serat sintetis seperti *rockwool* atau *glasswool*. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang lebih intensif terhadap material yang berbasis serat alam yang ketersediaannya melimpah di negara kita.

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah pengukuran koefisien absorpsi bunyi dari lembaran dan panel serat alam dalam ruang dengung (*reverberation room*). Metode pengukuran yang diterapkan, didasarkan pada ketentuan-ketentuan umum yang berlaku untuk pengukuran koefisien absorpsi di ruang dengung yaitu standar ISO 354 - 2003 [11].

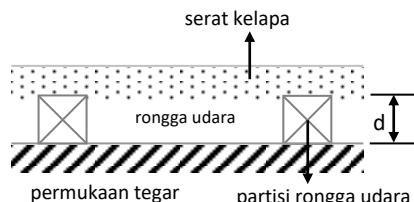
Beberapa batasan masalah dalam makalah ini adalah sebagai berikut; koefisien absorpsi bunyi yang diukur adalah koefisien absorpsi bunyi Sabine/ acak, yang diperoleh melalui pengujian di ruang dengung, material yang diteliti adalah serat alam murni dari jenis serabut kelapa tanpa matriks, partisi rongga udara dari panel absorber terbuat dari kayu multipleks dengan ketebalan rongga udara (*air cavity*) 2 dan 4 cm, pengukuran dan perhitungan koefisien absorpsi bunyi mengacu pada ketentuan-ketentuan yang terdapat pada standar ISO 354-2003.

## Metode Penelitian

Panel absorber terdiri dari material berpori yang berjarak tertentu dari dinding tegar sehingga timbulnya rongga udara antara material berpori dengan dinding. Seperti telah dibahas pada bagian pendahuluan bahwa, material berpori memiliki karakteristik penyerapan bunyi yang baik pada frekuensi sedang dan tinggi. Jadi dengan hadirnya rongga udara pada panel absorber akan menyebabkan rentang frekuensi penyerapan menjadi semakin lebar. Material berpori yang dipilih pada penelitian ini adalah serabut kelapa tanpa matriks. Serabut kelapa dipilih karena berdasarkan hipotesa awal, memiliki karakteristik koefisien absorpsi yang dominan pada frekuensi tinggi. Sedangkan panel absorber memiliki karakteristik koefisien absorpsi bunyi dominan pada frekuensi rendah. Dengan penggabungan dua jenis absorber ini, diharapkan akan didapatkan karakteristik koefisien absorpsi bunyi yang baik pada rentang frekuensi yang lebar. Serabut kelapa yang digunakan memiliki densitas sebesar 1440 kg/m<sup>3</sup> sedangkan ketebalannya adalah 25 mm.

Serabut kelapa dalam bentuk lembaran akan dibentangkan di atas sebuah rangka yang terbuat dari kayu sehingga terbentuk sebuah panel absorber. Agar lembaran serabut tidak bergeser dan

teregang dengan baik maka pada tepinya dilekatkan ke rangka panel. Kayu yang digunakan sebagai rangka adalah kayu multipleks dengan tebal 9 mm. Rangka kayu ini juga berfungsi sebagai partisi rongga udara. Penampang melintang dari panel absorber yang dibuat seperti terlihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Penampang melintang panel absorber serabut kelapa

Ada dua kedalaman rongga udara yang digunakan pada penelitian ini, yaitu rongga udara dengan kedalaman 2 dan 4 cm. Pada penelitian ini diukur juga karakteristik koefisien absorpsi bunyi dari serabut kelapa tanpa adanya rongga udara. Dengan demikian dapat diketahui pengaruh adanya rongga udara terhadap karakteristik koefisien absorpsi bunyi dari serabut tersebut. Dimensi panjang dan lebar dari panel absorber adalah 1 m x 1 m.

Pengujian dilakukan di ruang dengung, Laboratorium Akustik Fakultas Teknik Unsyiah. Adapun alat-alat yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. *Real Time Analyzer* 840-2
2. Condenser microphone 1236 ½"
3. *Preamplifier norsonik* 1204 ½"
4. *Piston phone norsonik* 1251 (114 dB – 1 KHz)
5. *Loudspeaker Dodecahedron* Nor-223
6. Standar *tripod*
7. Alat ukur temperatur dan kelembaban udara

Berdasarkan standar ISO 354-2003, pengukuran temperatur, kelembaban, serta *set up* alat ukur adalah sebagai berikut; volume ruang dengung adalah 72,1 m<sup>3</sup>, kalibrasi mikrofon dilakukan pada level 114 dB dan frekuensi 1000 Hz. Sketsa variasi titik-titik pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2. Ruang dengung adalah ruangan yang didesain dengan menutup seluruh dinding, lantai, dan langit-langit dengan bahan yang sangat keras dan nyaris tak berpori sehingga semua bunyi yang datang dapat dipantulkan seluruhnya kembali, bahkan dipantulkan berulang-ulang. Dengan demikian, bunyi akan merambat ke segala arah dengan kuantitas dan probabilitas yang sama. Dengan kondisi ini maka ruang dengung diasumsikan memiliki medan *difus*.

Untuk menghitung besarnya koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) di dalam ruang dengung, data yang diperlukan adalah :

- a. Waktu dengung ruang dalam keadaan tanpa sampel uji ( $T_1$ )
- b. Waktu dengung ruang dengan adanya sampel uji di dalamnya ( $T_2$ )

Persamaan yang sering digunakan untuk menghitung waktu dengung suatu ruangan adalah persamaan 1, yaitu:

$$T = \frac{55,3V}{c(4mV + Sa)} \quad (1)$$

dimana:

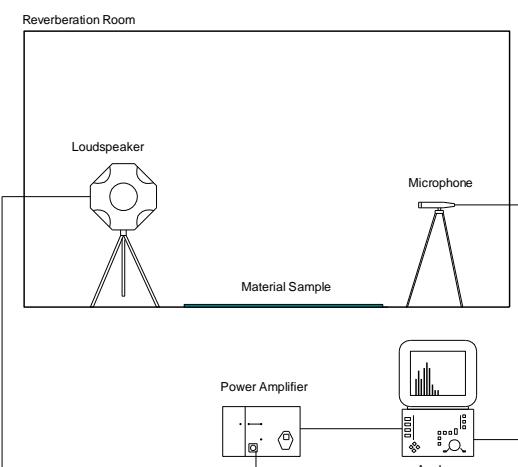
$V$  = Volume ruang dengung (m<sup>3</sup>)

$c$  = Cepat rambat bunyi di udara (m/s)

$m$  = Koefisien atenuasi energi bunyi oleh udara (m<sup>-1</sup>)

$S$  = Luas total permukaan ruangan (m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Koefisien absorpsi rata-rata



**Gambar 2.** Denah posisi alat ukur dan sampel uji di dalam ruang dengung

Karena medan bunyi dalam ruang dengung adalah *difus*, maka besaran yang terukur adalah koefisien absorpsi *Sabine*. Dari persamaan di atas, harga koefisien absorpsi bunyi dapat ditentukan menjadi:

$$\alpha = \frac{55,3V}{cS_b} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

Persamaan 2 ini, merupakan persamaan yang akan digunakan untuk menghitung koefisien absorpsi bunyi dari sampel uji yang dibuat.

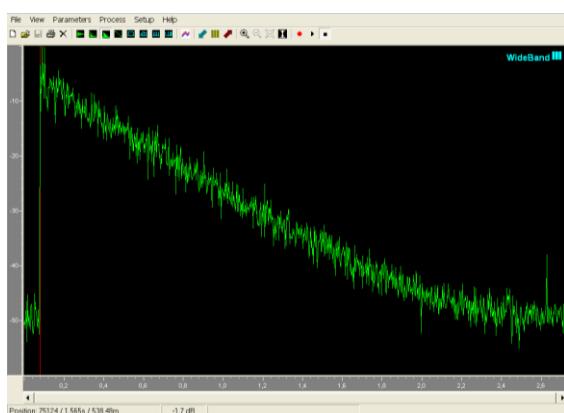
## Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan ditampilkan data-data koefisien absorpsi bunyi dari sampel uji dengan perincian pengukuran seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Perhitungan koefisien absorpsi bunyi secara teoritis juga dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan harga koefisien absorpsi bunyi hasil pengukuran. Data-data hasil perhitungan dan pengukuran dibahas dengan mengacu pada referensi teoritis yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

Pengujian penyerapan bunyi pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah menguji kemampuan penyerapan bunyi dari lembaran serabut kelapa yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan maksimal dan bentuk kurva karakteristik penyerapan bunyi dari serabut tersebut. Tahapan kedua adalah pengujian kemampuan penyerapan bunyi dari lembaran serabut tadi yang diletakkan di atas rangka penyerap (panel absorber). Pengujian tahab kedua ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh adanya rongga udara di belakang serabut kelapa terhadap peningkatan kemampuan serapan bunyinya. Dan tahapan terakhir adalah menguji kemampuan penyerapan bunyi dari komposit serabut kelapa yang diperkuat dengan material polimer dari jenis poliester tak jenuh (*unsaturated polyester*). Hal ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh pencampuran material lain yaitu polimer terhadap kemampuan penyerapan bunyi dari material semula.

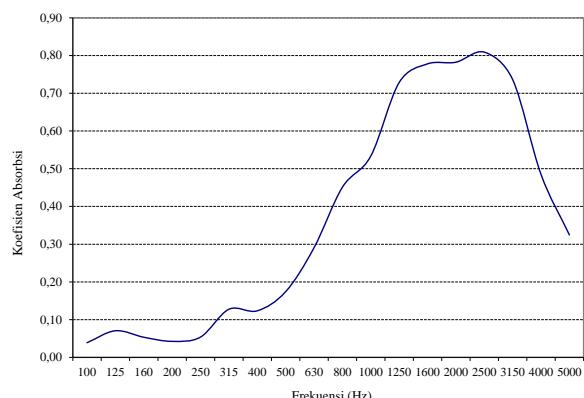
### Penentuan koefisien absorpsi dari serabut kelapa

Data perbedaan waktu dengung pada saat ruang dengung kosong ( $T_1$ ) dan berisi bahan uji ( $T_2$ ) diperoleh dengan pengukuran menggunakan penganalisis sinyal.



Gambar 3. Kurva peluruhan energi bunyi di dalam ruang dengung

Adapun prinsip pengukuran waktu dengung adalah dengan membangkitkan sebuah sinyal acak yang berupa *white noise* ke dalam ruang dengung sampai dicapai keadaan tunak (level tekanan bunyi homogen di setiap sudut ruangan), lalu sinyal *white noise* dihentikan sehingga terjadi peluruhan bunyi seperti tampak pada Gambar 3. Dari perbedaan waktu dengung yang diperoleh, koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha_s$ ) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2. Pengambilan data waktu dengung ketika ada sampel uji di dalam ruang dengung dilakukan dengan merentangkan lembaran serabut kelapa langsung menempel pada permukaan lantai ruang dengung. Nilai koefisien absorpsi bunyi yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4. Selanjutnya nilai koefisien absorpsi ini akan dibandingkan dengan nilai koefisien absorpsi dari panel serabut kelapa dengan adanya rongga udara di belakangnya.

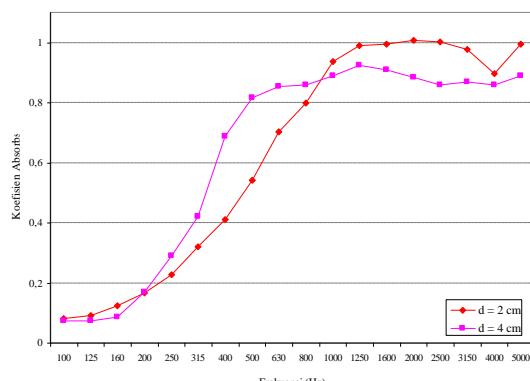


Gambar 4. Kurva koefisien absorpsi lembaran serat kelapa

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi dari lembaran serabut kelapa murni (dengan tebal 25 mm) sama dengan karakteristik koefisien absorpsi bunyi dari bahan berpori pada umumnya, dimana nilainya lebih besar pada frekuensi yang lebih tinggi. Tepat pada permukaan lantai (alas lembaran serabut kelapa), kecepatan gelombang bunyi adalah nol dan naik menjadi maksimum pada jarak seperempat panjang gelombang dari lantai. Bahan berpori yang dipasang langsung menempel pada lantai (dinding tegar/ kaku) akan memberikan penyerapan bunyi yang paling efisien bila memiliki ketebalan seperempat panjang gelombang ( $\lambda/4$ ) bunyi.

### Koefisien absorpsi bunyi untuk panel serabut kelapa

Bentuk kurva koefisien absorpsi bunyi untuk panel serabut kelapa hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Kurva koefisien absorpsi panel serat kelapa dengan adanya rongga udara

Dari Gambar 5 terlihat bahwa adanya rongga udara telah memperbaiki nilai koefisien absorpsi bunyi dengan sangat baik. Hal ini berlaku untuk kedua ketebalan rongga udara yang digunakan, yaitu 2 dan 4 cm. Pada saat tidak ada rongga udara, koefisien absorpsi bunyi maksimum dari serat kelapa adalah 0,8 yang terjadi pada frekuensi 2500 Hz. Sedangkan dengan adanya rongga udara, nilai koefisien absorpsi bunyi menjadi lebih besar dan rentang frekuensi penyerapannya pun menjadi lebih lebar. Nilai koefisien absorpsi bunyi di atas 0,5 terjadi pada rentang frekuensi 500 Hz hingga 5000 Hz, untuk ketebalan rongga udara 2 cm, sedangkan untuk tebal rongga udara 4 cm terjadi pada rentang frekuensi 400 – 5000 Hz. Dapat disimpulkan bahwa rongga udara telah menjadi medium yang sangat efektif untuk meningkatkan nilai koefisien absorpsi bunyi dari panel absorber.

Peningkatan nilai koefisien absorpsi bunyi dapat terjadi karena kecepatan molekul udara pada jarak tertentu dari lantai relatif lebih besar, sedangkan tepat pada permukaan lantai kecepatan molekul udara adalah nol. Oleh karena itu konfigurasi pemasangan bahan berpori sebagai penyerap bunyi dengan menggunakan rongga udara jauh lebih baik dibandingkan dipasang langsung pada dinding tegar. Dapat dikatakan bahwa semakin besar ketebalan rongga udara pada panel serabut kelapa maka koefisien serapan bunyi maksimumnya akan bergeser ke arah frekuensi yang lebih rendah. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa koefisien absorpsi bunyi akan maksimum bila serabut kelapa diletakkan pada jarak  $\lambda/4$ ,  $3\lambda/4$ , ... dari permukaan kaku. Hal ini dapat terjadi karena pada jarak tersebut kecepatan molekul udara menjadi maksimum sehingga energi yang hilang

akibat gaya gesekan antara molekul udara dan serabut kelapa akan menjadi maksimum juga.

## Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan berikut:

- Nilai koefisien absorpsi bunyi dari suatu material tidak hanya tergantung pada frekuensi eksitasi tetapi sangat dipengaruhi juga oleh besarnya sudut datang gelombang bunyi yang menuju (*random incidence sound wave*) permukaan material.
- Nilai koefisien dan rentang frekuensi absorpsi bunyi pada suatu material dapat ditingkatkan dengan penambahan rongga udara (*air cavity*) di belakang material, hal ini sangat bagus untuk diaplikasikan sebagai dinding penghadang bunyi (*noise barrier wall*).
- Material serat alam yang digunakan pada penelitian ini yaitu serabut kelapa telah menunjukkan kinerja akustik yang baik yaitu dari segi serapan bunyinya yang tidak jauh berbeda dengan material serat sintetis seperti *glasswool*, dan *rockwool*.
- Material yang berbasis pada serat alam telah mampu memberikan nilai tambah dari segi kinerja akustiknya, oleh karena itu pengembangan material yang berbasis serat alam harus terus dilanjutkan karena selain ketersediaannya melimpah dan juga pada akhirnya akan dapat meningkatkan taraf hidup penduduk Indonesia yang mayoritas pekerjaannya adalah bertani.

## Penghargaan

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

- Bapak Ir. Mohd Noer, Mill Manager pada PT Indonesia Nihon Seima, Tangerang, Banten yang telah memfasilitasi pengadaan material serat alam dan bapak Ir. Machfud, M. Tex dari Balai Besar Tekstil, Bandung yang telah banyak membantu proses manufaktur serabut kelapa.
- Bapak Ir. Zulfian, Dipl. Soton selaku ketua Pusat Studi Akustik dan Termal, Universitas Syiah Kuala yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pengujian di ruang dengung.
- LP2M Universitas Syiah Kuala atas bantuan dana penelitian.

## Referensi

- [1] Ballagh, K. O., 1996, Acoustical properties of wool, *Applied Acoustic Journal*, vol 48, No. 2, 101 – 120.
- [2] Beranek, Leo L., dan Ver, Istvan L., 1992, *Noise and vibration control engineering : principle and application*, John Wiley & Sons Inc, 24 – 35.
- [3] Sabri, Arhami., 2003, Mechanical and acoustical properties of short oil palm frond fibre reinforced polyester composites, SDPF Proceeding, 1 – 8.
- [4] Carvalho, Antonio P. O., 1995, The use of the Sabine and Eyring reverberation time equation to churches, *129<sup>th</sup> meeting of the Acoustical Society of America*, Washington DC, 1 – 20.
- [5] Chen, Kuo T., 1996, Study on the acoustic transmission loss of a rigid perforated screen, *Applied Acoustic Journal*, vol 47, No. 4, 303 – 318.
- [6] Chen, Kuo T., dan Lin, Ju-In., 2000, The determination of acoustic properties of sound sources actively controlled in a square duct, *Applied Acoustic Journal*, vol 61, 399 – 411.
- [7] Fahy, F., J., 1995, Development of noise modular form of sound absorbent facing for traffic noise barrier, *Applied Acoustic Journal*, vol 44, 39 – 51.
- [8] Fringuellino, M., dan Guglielmone., 2000, Progressive impedance method for the classical analysis of acoustic transmission loss in multilayered walls, *Applied Acoustic Journal*, vol 59, 275 – 285.
- [9] Garai, M., Berengier, M., dan L’Hermite, Ph., 1998, Procedure for measuring the sound absorption of road surfaces in situ, *Euro Noise ’98 Conference*, 1 – 6.
- [10] Hongisto, V., 2001, A case study of flanking transmission through double structures, *Applied Acoustic Journal*, vol 62, 589 – 599.
- [11] International Standard ISO 354., 2003, “*Measurement of sound absorption in a reverberation room*”, Swiltzerland.
- [12] Konsten, C. W., 1960, International comparison measurements in the reverberation room, *Applied Acoustic Journal*, vol 10, 50 – 78.
- [13] Maekawa, Z., dan Lord, P., 1994, *Environmental and Architectural Acoustic*, E & FN Spon, London, 15 – 20.
- [14] Pfretzschner, J., dan Rodriguez, R. M., 1999, Acoustic properties of rubber crumbs, *Polimer testing journal*, vol 18, 81 – 92.
- [15] Watts, G., R., 1997, In situ method for determining the transmission loss of noise barriers, *Applied Acoustic Journal*, vol 51, No. 4, 421 – 438.