



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**PENENTUAN KARAKTERISTIK KOEFISIEN PENYERAPAN BUNYI  
DAN IMPEDANSI MATERIAL AKUSTIK DARI LIMBAH SERAT  
KELAPA SAWIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE TABUNG**

**SKRIPSI**



**RUDI PRATAMA PUTRA  
06135004**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN  
ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG 2011**

## SKRIPSI

# PENENTUAN KARAKTERISTIK KOEFISIEN PENYERAPAN BUNYI DAN IMPEDANSI MATERIAL AKUSTIK DARI LIMBAH SERAT KELAPA SAWIT DENGAN MENGUNAKAN METODE TABUNG

Yang disusun oleh:

**RUDI PRATAMA PUTRA**

06135004

Telah pertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 28 Oktober 2011 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Elvaswer**

197005121998021001

**Afdhal Mutagqin, M.Si**

197704292005011002

Ketua Penguji

Anggota Penguji I

Anggota Penguji II

**Dr. Dahyunir Dahlan**

Nip.1916811281995121

**Ardian Putra, M.Si**

Nip.198304222005011002

**Drs. Wildian, M.Si**

Nip.19610812199403101

Padang, 19 Desember 2011  
Ketua Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas

**Arif Budiman, M.Si**

197311141999031004

## ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran untuk menentukan koefisien absorpsi dan impedansi material akustik dari limbah serat kelapa sawit dengan menggunakan metode tabung. Sampel diletakkan di ujung tabung sedangkan sumber bunyi pada ujung tabung yang lainnya. Dengan menempatkan mikrofon didalam tabung maka rasio gelombang tegak dapat ditentukan. Serat kelapa sawit berfungsi sebagai penguat *sedangkan lem PVAC sebagai matriks. Hasil penelitian didapatkan bahwa* komposisi matriks yang berbeda dapat merubah koefisien absorpsi dan impedansi akustik. Penambahan matriks mengakibatkan penurunan koefisien absorpsi akustik. Koefisien absorpsi akustik yang tertinggi adalah 0.96 pada frekuensi 600 Hz pada sampel dengan komposisi 15 g serat kelapa sawit dan 47 g matriks. Sedangkan koefisien absorpsi terendah adalah didapatkan 0,75 pada sampel dengan komposisi 15 g serat kelapa sawit dan 54 g matriks. Limbah serat kelapa sawit sangat potensial untuk dijadikan material akustik sebagai pengendali kebisingan.

*Kata kunci;* Koefisien absorpsi, impedansi, akustik, serat, kelapa sawit.



## ABSTRACT

Measurements have been performed to determine the Absorption coefficient and acoustic impedance material from oil palm fiber waste by using the tube method. The Sample is placed at the end of the tube while the source of the sound at the other end of the tube. By placing microphone inside the tube so then the standing ratio waves can be determined. Oil palm fiber functions as lasing whereas PVAC glue as matrix's. The result of observation showed that different matrix composition could change the Absorption coefficient and acoustic impedance. The addition of matrix resulted in a decrease of acoustic Absorption. The highest of acoustic absorption coefficient is 0.96 at a frequency 600 Hz which the composition of sample 15 g oil palm fiber and 47 g matrix. Whereas the lowest absorption coefficient is 0,75 which the composition of sample 15g oil palm fiber and 54 g matrix. Oil palm waste is very potential to serve acoustic material which can used as a controller of noise.

*Key word* ; Coefficient absorption, impedance, acoustic, oil palm fiber.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Penentuan Karakteristik Koefisien Penyerapan Bunyi dan Impedansi Material Akustik dari Limbah Serat Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Tabung”**. Salawat dan salam tidak lupa penulis kirimkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Penulisan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan, serta sebagai wujud nyata dari disiplin ilmu yang telah penulis dapatkan selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Dalam proses penyusunan skripsi ini tak lepas dari hambatan dan kesulitan. Namun berkat bantuan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Elvaswer selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, pengarahan, saran, dan masukan yang berguna. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Afdhal Muttaqin, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran. Sehingga penulis dapat memperbaiki dan menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan lancar.
3. Tim Penguji: Bapak Dr. Dahyunir Dahlan, Bapak Drs. Wildian, M.Si dan Ardian Putra, M.Si, terima kasih atas waktu, saran, dan bantuannya

sehingga penulis mendapatkan tambahan ilmu yang sangat berharga untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini.

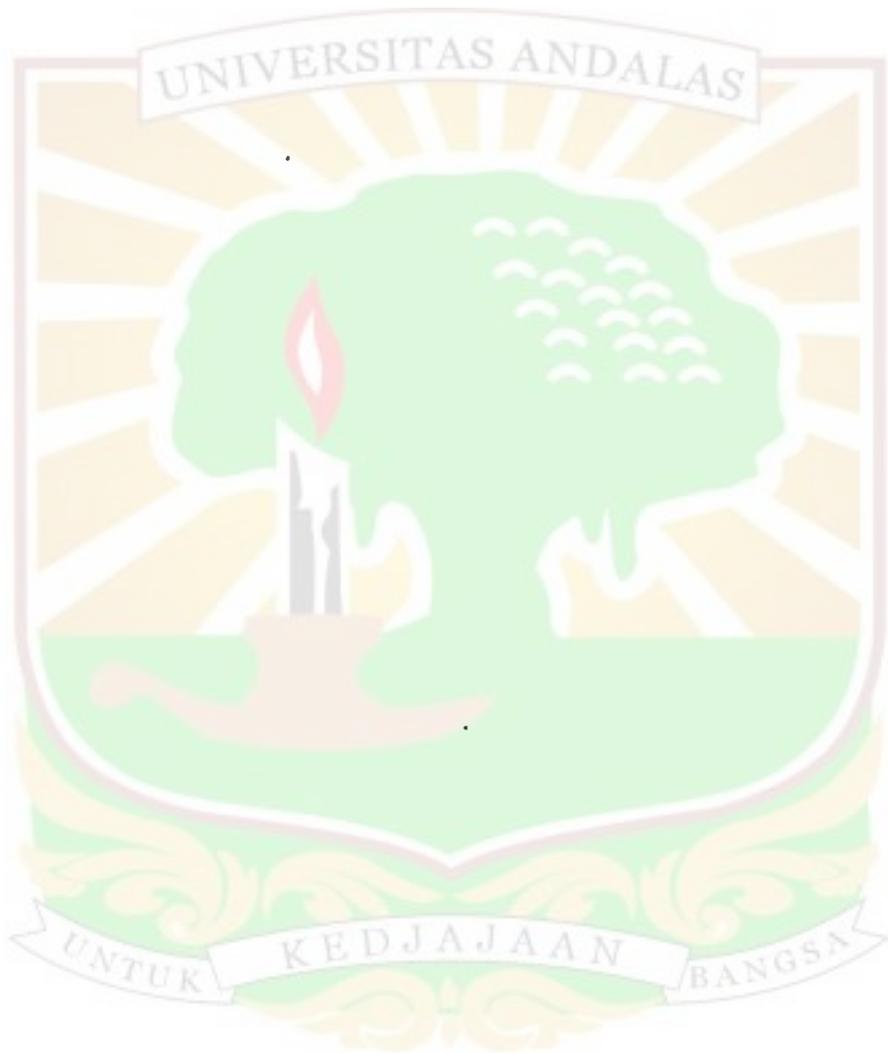
4. Bapak Dr. Dahyunir Dahlan selaku Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis dalam urusan akademik terutama dalam merancang studi agar dapat selesai tepat pada waktunya. Serta nasihat dan ilmu yang telah diberikan selama penulis menjalani proses studi.
5. Bapak Arif Budiman, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.
6. Segenap dosen pengajar Program Studi Fisika FMIPA UNAND, yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.
7. Segenap staff dan karyawan di Program Studi Fisika FMIPA UNAND atas semua fasilitas, pelayanan, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama kuliah di FisikaUNAND.
8. Sahabat-sahabat seperjuangan Fisika angkatan 2006, terima kasih atas segala bantuan dan doanya.
9. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu dikarenakan keterbatasan yang penulis miliki.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun, sehingga dapat menyempurnakan tulisan skripsi ini di masa mendatang. Akhir

kata penulis berharap, semoga tulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Padang, November 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori .....	5
2.2.1. Komposit.....	5
2.2.2. Serat.....	8
2.2.3. Material Akustik.....	9
2.2.4. Material Absorpsi .....	11
2.2.5. Gelombang Bunyi .....	15
2.2.6. Rasio Gelombang Tegak.....	16
2.2.7. Koefisien Penyerapan Bunyi.....	17
2.2.8. Impedansi Akustik .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2. Alat dan Bahan .....	22
3.2.1. Alat.....	22
3.2.2. Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian .....	25
3.3.1. Pembuatan Komposit Serat Sawit.....	26
3.3.2. Pengujian dengan Metode Tabung .....	28
3.3.3 Prosedur Pengambilan Data .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Densitas .....	31
4.2. Koefisien Penyerap Bunyi.....	32
4.3. Impedansi Akustik .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1. Kesimpulan .....	49
5.2. Saran .....	50
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

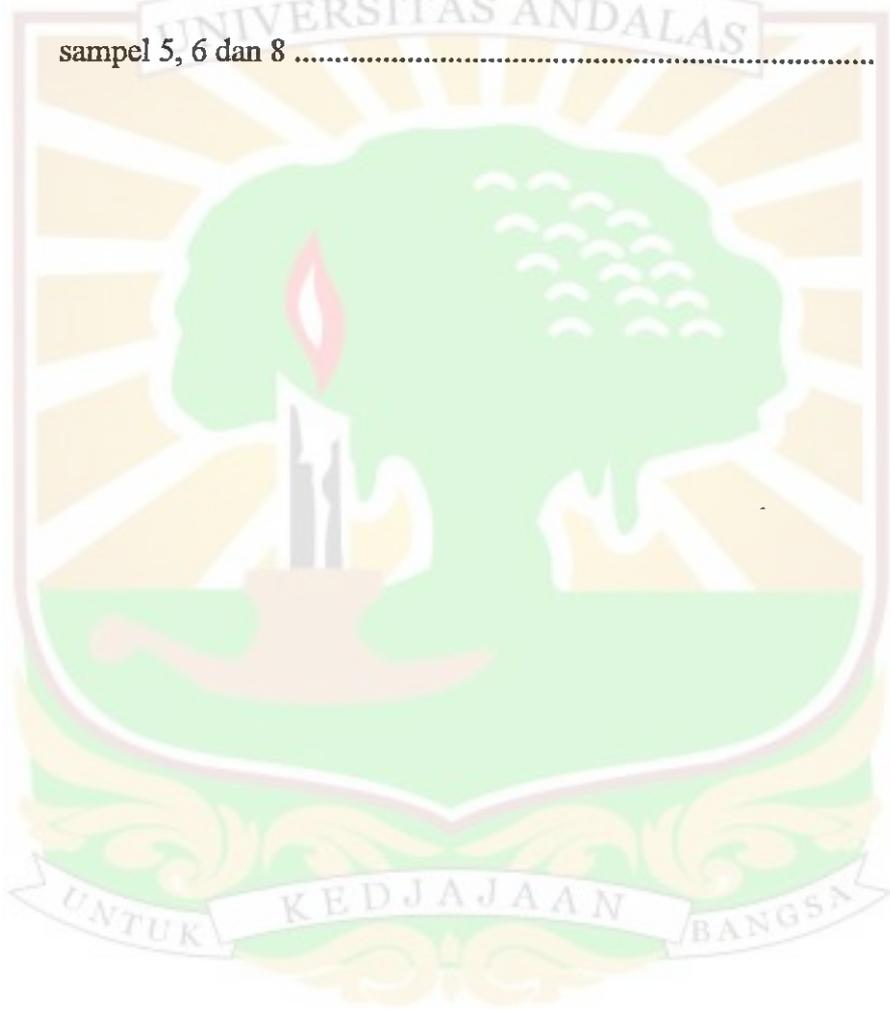
Halaman

Gambar 2.1 Material Absorpsi Berpori atau Porous Absorber .....	12
Gambar 2.2 Material Absorpsi Membran atau Membrane Absorber .....	13
Gambar 2.3 Material Absorpsi Cavity atau Cavity Absorber .....	14
Gambar 2.4 Tabung Impedansi Akustik .....	20
Gambar 3.1 Osiloskop .....	23
Gambar 3.2 Generator Sinyal.....	24
Gambar 3.3 Matriks (lem) yang digunakan .....	25
Gambar 3.4 Diagram Alur Kerja.....	26
Gambar 3.5 Struktur Komposit yang dihasilkan.....	27
Gambar 3.6 Rangkaian Tabung.....	28
Gambar 3.5 Skema hubungan data yang diambil dengan besaran yang ditentukan .....	30
Gambar 4.1 Grafik hubungan koefisien absorpsi material dengan frekuensi pada sampel 3, 7, dan 10 .....	34
Gambar 4.2 Grafik hubungan koefisien absorpsi material dengan frekuensi pada sampel 2 dan 9.....	36
Gambar 4.3 Grafik hubungan koefisien absorpsi material dengan frekuensi pada sampel 5 dan 6 .....	39
Gambar 4.4 Grafik hubungan koefisien absorpsi material dengan frekuensi pada sampel 1, 4 dan 8 .....	41

Gambar 4.5 Grafik hubungan koefisien Impedansi Akustik dengan frekuensi pada sampel 1,2 dan 9 ..... 44

Gambar 4.6 Grafik hubungan koefisien Impedansi Akustik dengan frekuensi pada sampel 3, 4, 7 dan 10..... 46

Gambar 4.7 Grafik hubungan koefisien Impedansi Akustik dengan frekuensi pada sampel 5, 6 dan 8 ..... 48



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai densitas material akustik serat kelapa sawit.....	31
Tabel 4.2 Nilai koefisien Penyerapan Bunyi dari sampel 3, 7, dan 10 .....	33
Tabel 4.3 Nilai koefisien Penyerapan Bunyi dari sampel 2 dan 9 .....	35
Tabel 4.4 Nilai koefisien Penyerapan Bunyi dari sampel 5 dan 6 .....	38
Tabel 4.5 Nilai koefisien Penyerapan Bunyi dari sampel 1, 4, dan 8 .....	40
Tabel 4.6 Nilai Impedansi Akustik dari sampel 1, 2, dan 9 .....	43
Tabel 4.7 Nilai Impedansi Akustik dari sampel 3, 4, 7 dan 10 .....	45
Tabel 4.8 Nilai Impedansi Akustik dari sampel 5, 6, dan 8 .....	48



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan, dan kenyamanan. Sumber kebisingan sangat banyak seperti kendaraan bermotor, bandara, pusat pembelanjaan, tempat pertunjukan musik, industri, bioskop, dan perkantoran. Kebisingan ini dapat diatasi antara lain dengan mengabsorpsi sebagian besar dari gelombang bunyi tersebut dengan berbagai material akustik. Dalam pemilihan material, tidak hanya memperhatikan ketahanan bahan saja, tetapi juga perlu diperhatikan dari segi pengaturan akustik dimana material sebagian besar masih diimpor seperti karpet plafon, panel akustik, dan keramik. Untuk mengatasi hal itu, material akustik dapat dibuat dengan material komposit sederhana yang mudah didapatkan baik dari bahan alam maupun dari limbah seperti kelapa sawit.

Komposit merupakan suatu campuran bahan dimana salah satunya dapat menggunakan serat sebagai material dasarnya. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan untuk menyerap bunyi yang cukup baik disamping memiliki sifat sebagai material dasar penguat pada komposit. Apabila gelombang mengenai suatu material maka gelombang tersebut dapat diluruskan, dipantulkan dan absorpsi. Kemampuan struktur komposit untuk mengabsorpsi bunyi tersebut dapat digunakan untuk mengurangi tingkat kebisingan.

Berbagai macam material yang berhubungan dengan akustik banyak yang tidak mempunyai spesifikasi akustik sebagai pertimbangan bagi pengguna. Jika

spesifikasi akustik seperti koefisien absorpsi dan impedansi bisa ditentukan akan sangat membantu dalam perencanaan dan merancang ruang.

Di samping itu variabel akustik sudah menjadi prioritas utama dalam memasarkan produk akustik terutama di negara maju. Bahan yang mempunyai spesifikasi akustik, lebih diterima di pasaran jika dibandingkan dengan material biasa.

Untuk mengetahui sifat-sifat akustik suatu material diperlukan pengujian seperti absorpsi, refleksi, transmisi bunyi dan impedansi. Metoda Pengujian akustik ini dapat dibedakan berdasarkan tempat pengujiannya menjadi dua yaitu pengujian di dalam tabung, pengujian dalam ruang dengung (metode sabine).

Kelemahan metode sabine adalah sampel material yang diperlukan banyak, karena langsung ditempatkan pada ruang (tidak praktis). Sedangkan kelebihan adalah lebih mendekati sebenarnya. Penentuan koefisien penyerapan bunyi dengan menggunakan metoda tabung dipilih karena sederhana, praktis dan sampel yang dibutuhkan sedikit. Kelemahannya adalah kurang mendekati keadaan sebenarnya.

Penelitian sebelumnya mengenai serat kelapa sawit hanya digunakan sebagai pakan ternak yang dicampur dengan urea serta suplementasi ubi kayu (Zain, 2007). Serat kelapa sawit tidak hanya sebagai pakan ternak tetapi juga bisa digunakan sebagai bahan material akustik

Dengan demikian penulis mencoba meneliti karakteristik material akustik, dengan judul “ **Penentuan Karakteristik Koefisien Penyerapan Bunyi dan**

## **Impedansi Material Akustik Dari Limbah Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Metode Tabung”**

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengembangkan material komposit, dengan bahan dasar limbah serat alam sebagai material penyerapan bunyi dalam penelitian ini menggunakan limbah serat kelapa sawit. Material penyerap bunyi yang ada di pasaran banyak menggunakan material yang berasal dari serat sintesis yang tidak ramah lingkungan dan juga harganya relatif mahal. Oleh karena itu perlu dikembangkan material absorpsi alternatif yang mempunyai kemampuan yang setara dalam hal menyerap bunyi. Material akustik dari serat alam selain harganya relatif murah, ketersediaan material serat tersebut melimpah. Dan manfaat selanjutnya adalah tersedianya metode yang sederhana seperti metode tabung dalam pengujian sifat-sifat akustik yang kebanyakan lainnya hanya pengujian sifat-sifat mekanik.

Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah menentukan koefisien penyerapan bunyi dan impedansi material akustik struktur komposit serat kelapa sawit dan pengaruh perbandingan massa antara serat kelapa sawit dengan matriksnya (perekat) terhadap koefisien penyerapan bunyi. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Material yang diteliti adalah material komposit dengan material dasar alam, yaitu dari limbah serat kelapa sawit.
2. Pengujian yang dilakukan pada metode tabung impedansi ini adalah koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akustik.
3. Pengukuran dan perhitungan koefisien penyerap bunyi pada tabung impedansi

mengacu pada ketentuan yang terdapat pada standar Annuals Book of ASTM Standards,1998.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat komposit material akustik dari limbah serat kelapa sawit dan seterusnya menentukan koefisien penyerap bunyi serta menentukan impedansi akustiknya, sehingga dapat digunakan sebagai material penyerap bunyi yang berguna untuk meredam kebisingan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Telah banyak dilakukan penelitian material akustik misalnya Penyerapan bunyi lebih efisien pada frekuensi tinggi dibandingkan dengan frekuensi rendah. Disamping itu peningkatan ketebalan kayu lapis (*plywood*) dapat meningkatkan nilai koefisien absorpsi material akustik (Doelle, 1972). Peningkatan massa jenis sampel yang dihasilkan dari bahan dengan berat komposisi yang sama dan jenis perekat yang sama menyebabkan kenaikan penyerapan pada frekuensi rendah (Khuriati, 2006). Serat alam seperti, tebu, serbuk kayu, serat kelapa, serbuk padi memiliki kemampuan yang baik untuk menyerap bunyi (Wirajaya, 2007).

#### 2.2 Landasan Teori

##### 2.2.1 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dari dua atau lebih material penyusun yang berbeda, umumnya matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks adalah bagian komposit yang secara kontinyu melingkupi penguat dan berfungsi mengikat penguat yang satu dengan yang lain serta meneruskan beban yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit. (Wirajaya, 2007).

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibagi menjadi tiga yaitu Komposit berpenguat serat (fiber) baik serat panjang maupun pendek, Komposit berpenguat

struktural baik laminar maupun *sandwich* dan Komposit berpenguat partikel (*granule*).

Saat ini jenis komposit yang paling banyak digunakan adalah komposit berpenguat serat. Hal ini karena serat sebagai penguat memiliki perbandingan panjang dengan diameter yang besar. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks dibanding bila menggunakan penguat lain. Dengan demikian diharapkan akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks. Selain itu serat juga memiliki ukuran yang kecil sehingga jumlah cacat per satuan massa serat akan lebih kecil dibandingkan material lain. Dengan demikian serat akan memiliki sifat mekanik yang baik dan konsisten.

Komposit adalah bahan gabungan dari dua lebih bahan yang berbeda. Dalam hal ini gabungan bahan ada dua macam yaitu gabungan secara makro dan ciri-cirinya adalah dapat dibedakan secara visual, penggabungan lebih secara fisis dan mekanis, dapat dipisah secara fisis dan mekanis. Gabungan secara mikro cirri-cirinya adalah tidak bisa dibedakan secara visual, penggabungan ini lebih secara kimia, sulit dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara kimia.

Komposit dibentuk dari dua komponen penyusun yang berbeda yaitu penguat (*reinforcement*) yang mempunyai sifat sulit dibentuk tetapi lebih kaku serta lebih kuat dan matrik yang umumnya mudah dibentuk tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Berdasarkan cara penguatannya komposit dibedakan menjadi tiga yaitu :

a. Komposit Serat (*Fibrous Composite*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)* dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

b. Komposit Lapisan (*Laminated Composite*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

c. Komposit Partikel (*Particulate Composite*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sedangkan berdasarkan bentuk material pembentuknya, komposit dapat dibedakan menjadi lima macam yaitu Komposit serat (*fiber composite*), Kompositserpihan (*flake composite*), Butir (*particulate composite*), Komposit isian (*filled composite*), dan Komposit lapisan (*laminated composite*).

Komposit dengan penguatan serat adalah jenis komposit yang paling sering dipakai dalam aplikasi. Hal ini karena komposit jenis ini memiliki sifat kekuatan tarik dan kekakuan yang bagus. Namun kelemahannya adalah struktur serat tersebut memiliki kekuatan tekan dan kekuatan tarik arah melintang serat yang kurang bagus. Hasil dari komposit yang berlapis-lapis (*laminated composite*) memiliki kekerasan (*hardness*) dari unsur pokoknya tetapi kekuatan merupakan efek sinergi dari gabungan sifat material. Material komposit akan bersinergi bila

memiliki sebuah sistem yang mempersatukan material-material penunjang untuk mencapai sebuah sifat material yang baru.

Komposit serat dapat dibedakan berdasarkan jenis dan orientasi seratnya, yaitu komposit serat searah (*continous fiber composite*), serat anyaman (*woven fiber composite*), serat acak (*chopped fiber composite*), dan gabungan beberapa jenis serat (*hybrid fiber composite*).

Secara umum komposit dengan penguatan serat tersusun dari dua material utama yaitu matrik dan serat. Antar kedua unsur material tersebut tidak terjadi reaksi kimia dan tidak larut satu sama lain, melainkan hanya ikatan antar muka diantara keduanya. Serat yang memiliki kekuatan lebih tinggi berperan sebagai komponen penguat, sedangkan matrik yang bersifat lemah dan liat bekerja sebagai pengikat dan memberi bentuk pada struktur komposit.

### **2.2.2 Serat**

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari bahan alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan knaf atau goni dan serat kelapa sawit. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis

yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain. Kekurangan serat sintesis adalah tidak ramah lingkungan, harganya relatif mahal.

Kelebihan dari komposit yang diperkuat oleh serat alam adalah dapat dicat, dipoles, maupun dilaminasi, tahan terhadap penyerapan air, murah karena bahan baku seratnya banyak tersedia di alam dan proses pembuatannya relatif dan sederhana, kuat dan kaku, ramah lingkungan, karena materialnya merupakan bahan organik dan bisa di daur ulang secara alami oleh lingkungan, memiliki kemampuan dan diproses secara baik. Disamping kelebihan-kelebihan di atas, komposit serat alam juga memiliki beberapa kelemahan adalah penurunan karena faktor biologi, karena adanya organisme yang tumbuh dan memakan karbohidrat yang terkandung di dalam serat, sehingga menimbulkan enzim khusus yang akan merusak struktur serat, penurunan kualitas karena panas atau thermal, penurunan kualitas karena radiasi ultraviolet, kekuatannya masih lebih rendah jika dibandingkan dengan serat buatan.

### **2.2.3 Material Akustik**

Material akustik adalah material yang dirancang khusus untuk akustik. Telinga normal tanggap terhadap bunyi di antara jangkauan frekuensi audio sekitar 20 sampai 20.000 Hz. Kebanyakan bunyi (pembicaraan, musik, dan bising) terdiri dari banyak frekuensi, yaitu komponen-komponen frekuensi rendah, tengah, dan medium. Oleh sebab itu amatlah penting untuk mengetahui sifat-sifat akustik meliputi spektrum frekuensi yang dapat didengar. Frekuensi standar yang dapat dipilih secara bebas sebagai wakil yang penting dalam akustik lingkungan

adalah 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048, dan 4096 Hz (Doelle,1986).

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan (Doelle, 1986). Koefisien ini dinyatakan dalam  $\alpha$ . Misalnya pada 500 Hz bila bahan akustik menyerap 65% dari energi bunyi datang dan memantulkan 35% dari padanya, maka koefisien penyerapan bunyi bahan ini adalah 0,65.

Menurut Lewis dan Douglas (1993), material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu : material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*) dan material peredam (*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. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Koefisien absorpsi 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. Material penghalang yang efektif mempunyai sifat dasar umum yaitu massanya padat. Kebanyakan material penghalang yang efektif juga mempunyai derajat redaman internal yang tinggi. Material peredam biasanya adalah lapisan plastik polimer, logam, lem yang relatif tipis (*epoxy*) yang dapat digunakan untuk melapisi suatu benda. Yang banyak

digunakan saat ini adalah material yang sudah diolah seperti *plywood* untuk langit-langit dan dinding pembatas ruangan

#### **2.2.4 Material Absorpsi (Absorber)**

*Absorber* adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi bunyi yang datang dari sumber bunyi. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi bunyi, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi bunyi tersebut dikonversi menjadi energi panas, energi panas yang dihasilkan sangat kecil sehingga secara makroskopis tidak akan terlalu terasa perubahan temperatur pada bahan tersebut.

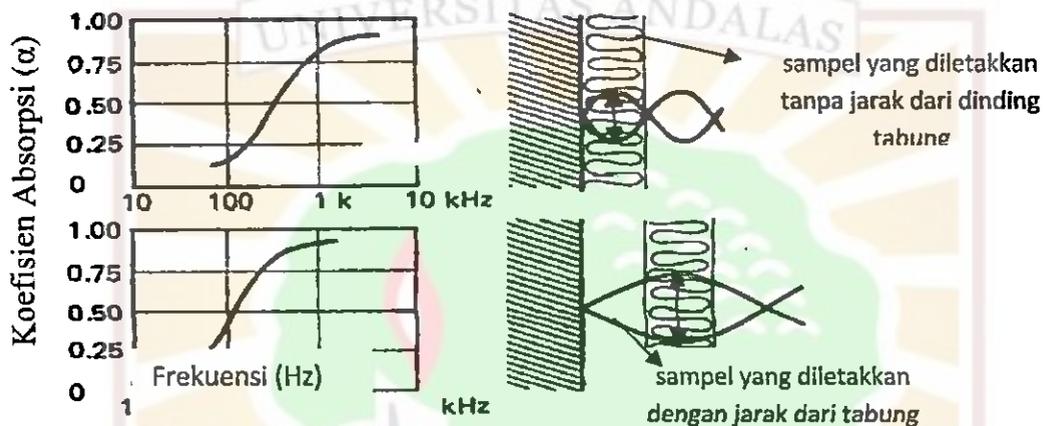
Secara umum absorber dikelompokkan sebagai bahan yang memiliki kemampuan menyerap bunyi yang baik dengan koefisien absorpsi bunyi yang relatif besar. Marsh (1999) menyatakan bahwa secara umum absorber digolongkan menjadi tiga macam, yaitu :

##### **a. Material Absorpsi berpori (*Porous Absorber*)**

*Porous absorber* merupakan bahan yang memiliki pori atau lubang-lubang yang sangat kecil. Melalui pori-pori ini gelombang bunyi masuk dan menggetarkan molekul-molekul udara di dalam pori tersebut. Molekul-molekul udara yang bergetar tersebut akan bergesekan dengan permukaan bahan dan menghasilkan panas.

*Porous absorber* ini lebih efektif pada gelombang bunyi dengan frekuensi tinggi atau panjang gelombang yang pendek. Bila bahan berpori diletakan pada jarak tertentu dari dinding maka akan memiliki koefisien absorpsi yang lebih baik

daripada diletakan tanpa jarak. Dengan meletakkannya pada jarak tertentu maka akan memiliki efek yang relatif sama dengan bahan yang lebih tebal dalam hal menyerap bunyi yang datang. Perbandingan koefisien absorpsi bunyi kedua kasus tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



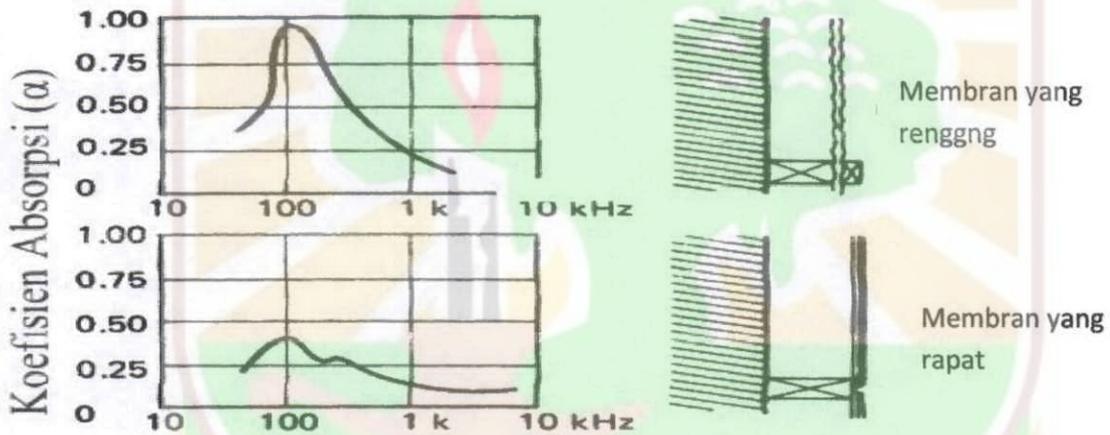
Gambar 2.1 Absorpsi berpori (Marsh,1999).

Menurut Attenborough (1994) pelemahan bunyi yang dihasilkan oleh bahan berpori tergantung pada daya tahan aliran dan porositasnya. Sementara itu Voronina (1999) dalam penelitiannya mengenai tingkat kemudahan transmisi bunyi dalam material berpori dengan porositas rendah, mengungkapkan bahwa porositas dan diameter pori merupakan parameter yang penting dalam menentukan absorpsi bunyi dalam material tersebut.

#### b. Material Absorpsi Membran (*Membrane Absorber*)

*Membrane absorber* dapat berupa lembaran atau pelat tipis fleksibel yang diletakan pada jarak tertentu dari dinding. Konversi energi bunyi menjadi panas terjadi karena resistansi dari membran untuk melentur atau bergetar secara cepat

dan juga karena resistansi udara di bawah membran untuk terkompresi. Kemampuan *membrane absorber* dalam menyerap bunyi bergantung pada kerapatan dari membran dan jarak membran dari dinding. *Membrane absorber* ini lebih efektif pada gelombang bunyi dengan frekuensi rendah. Bila gelombang bunyi yang datang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi alami dari membran maka akan terjadi resonansi sehingga amplitudo getaran dari membran akan maksimum dan koefisien absorpsi bunyi juga akan maksimum pada frekuensi tersebut, seperti diperlihatkan pada gambar 2.2.



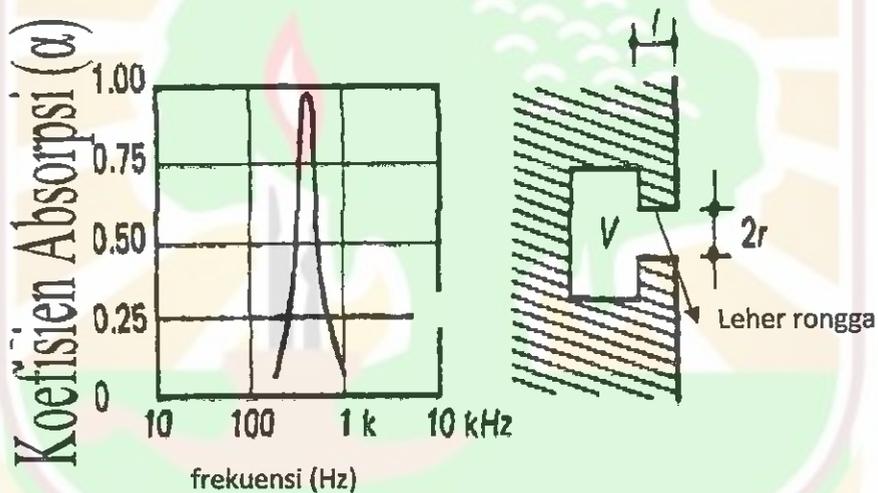
Gambar 2.2 Absorpsi Membran (Marsh,1999)

c. Material Absorpsi Berongga (*Cavity Absorber*)

*Cavity Absorber* atau dikenal juga dengan nama *Helmholtz Absorber* secara sederhana merupakan rongga udara yang permukaannya dibatasi oleh dinding tegar dan terhubung dengan udara luar melalui celah yang kecil atau disebut juga leher rongga. Bila gelombang bunyi datang pada leher rongga tersebut maka molekul udara pada leher rongga tersebut akan bergetar maju dan mundur seperti

pada sistem massa dan pegas dengan molekul udara pada leher rongga sebagai massa dan molekul udara pada rongga udara sebagai pegas.

Sama halnya dengan *membrane absorber*, *cavity absorber* juga memiliki frekuensi resonansi tertentu, sehingga bila gelombang bunyi yang datang sama dengan frekuensi tersebut maka kemampuan absorpsi bunyinya akan maksimum pada frekuensi tersebut, seperti diperlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Absorpsi Berongga (Marsh,1999)

Bahan penyerap bunyi sebenarnya ditujukan untuk menyerap bunyi yang tidak diinginkan, misalnya bunyi pada frekuensi rendah saja, atau bunyi pada frekuensi tinggi, tergantung rancangan akustik ruang yang diinginkan. Selain itu dapat mengendalikan waktu dengung yang ideal bagi ruang tersebut, misalnya waktu dengung di ruang musik. Untuk mendapatkan waktu dengung yang ideal, maka dipakailah bahan penyerap bunyi di titik-titik yang diinginkan.

### 2.2.5 Gelombang Bunyi

Bunyi adalah suatu getaran yang merambat melalui suatu medium dengan kecepatan tertentu sesuai karakteristik medium yang bersangkutan dan juga merupakan suatu gelombang longitudinal sehingga molekul-molekul medium bergerak (osilasi) searah dengan rambatan gelombang. Melalui fenomena inilah energi akustik dipancarkan dari sumber bunyi ke lingkungan sekitar.

Gelombang bunyi adalah penjalaran dari getaran dan perubahan tekanan dalam media elastik. Gelombang ini mempunyai sifat pada medium elastik padat gelombang tersebut menjalar secara longitudinal dan transversal. Pada gelombang longitudinal, partikel berosilasi sejajar dengan arah penjalaran, sedangkan pada gelombang transversal partikel berosilasi tegak lurus dengan arah penjalaran.

Ketika gelombang bunyi menumbuk suatu batas dari medium yang dilewatinya, maka energi dalam gelombang bunyi dapat dipantulkan, diserap atau diteruskan oleh batas tersebut. Pada umumnya ketiganya terjadi pada derajat tingkat yang berbeda, tergantung pada jenis batas yang dilewatinya (Lord, 1980).

Berdasarkan variasi tekanan bunyi terhadap waktu, jenis bunyi digolongkan menjadi dua, yaitu bunyi diskrit dan bunyi acak (*random/broadband*) (Ruijgrok, 1993). Pada bunyi diskrit, tekanan bunyi bervariasi sinusoidal terhadap waktu dan mempunyai nilai frekuensi tertentu. Sedangkan bunyi acak, amplitudo tekanan bunyi yang terjadi berfluktuasi terhadap waktu dan tidak mengalami pengulangan bentuk gelombang.

### 2.2.6 Rasio Gelombang Tegak (Standing Wave Ratio)

Gelombang di dalam tabung yang merambat sepanjang sumbu x dapat dipandang sebagai gelombang bidang, dan secara matematis dapat dinyatakan pada persamaan (2.1).

$$p = Ae^{i(\omega t - kx)} + Be^{i(\omega t + kx)} \quad (2.1)$$

dengan A dan B adalah suatu konstanta. Suku pertama dari persamaan (2.1) di atas menyatakan gelombang yang merambat ke arah sumbu x positif dan suku kedua menyatakan gelombang yang merambat ke arah sumbu x negatif.

Jika gelombang merambat dalam tabung yang dilengkapi oleh reflektor, maka suku kedua persamaan (2.1) merupakan gelombang pantul. Gelombang pantul dan gelombang datang (suku pertama) pada persamaan (2.1) akan berinterferensi sehingga terbentuk gelombang tegak dan terdapat titik-titik yang amplitudo tekanannya minimum (simpul) dan titik-titik yang amplitudo tekanannya maksimum (perut).

Amplitudo tekanan maksimum pada perut dinyatakan dengan A+B dan amplitudo tekanan minimum dinyatakan dengan A-B. Perbandingan tekanan maksimum dengan tekanan minimum disebut sebagai Rasio Gelombang Tegak (Standing Wave Ratio), secara matematis dapat dinyatakan pada persamaan (2.2) (Russell, 1999).

$$SWR = \frac{A + B}{A - B} \quad (2.2)$$

dengan SWR adalah Rasio Gelombang Tegak (Standing Wave Ratio).

### 2.2.7 Koefisien Absorpsi Bunyi

Bila suatu gelombang bunyi mengenai atau menumbuk suatu permukaan material, maka bunyi tersebut akan dipantulkan, diserap, dan diteruskan atau ditransmisikan oleh material tersebut (Ruijgrok, 1993). Besarnya energi bunyi yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung jenis dan sifat dari material. Pada umumnya material yang berpori (*porous material*) akan menyerap energi bunyi yang lebih besar dibandingkan dengan jenis material lainnya, karena dengan adanya pori-pori tersebut maka gelombang bunyi dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi bunyi yang diserap oleh material akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah menjadi energi panas.

Ada beberapa metode untuk mengukur koefisien absorpsi bunyi tersebut, diantaranya :

1. Metode tabung impedansi (*impedance tube*)

Metode ini digunakan untuk mengukur koefisien absorpsi bunyi material-material akustik dengan sampel uji kecil dan gelombang bunyi yang merambat tegak lurus pada permukaan material, jangkauan frekuensi sekitar 125- 4000 Hz. Metode ini lebih tepat dimanfaatkan untuk pekerjaan-pekerjaan teoritik.

2. Metode ruang dengung (*reverberation room*)

Metode ini menggunakan ruang kosong dengan waktu dengung yang panjang. Material penyerap bunyi dipasang pada ruang kosong tersebut, sehingga dengan demikian akan mengurangi waktu dengung yang panjang tersebut.

Tabung impedansi adalah suatu tabung yang dirancang untuk mengukur parameter akustik suatu material dengan ukuran meterial uji yang kecil sesuai dengan ukuran tabung.

Koefisien absorpsi bunyi ini didapat dengan cara mengukur amplitudo maksimum dan amplitudo minimum dari gelombang tegak. Perbandingan amplitudon maksimum dan minimum disebut rasio gelombang tegak (SWR). Russell (1999) menyatakan koefisien tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$\alpha = 1 - |R|^2 = 1 - \frac{(SWR - 1)^2}{(SWR + 1)^2} \quad (2.3)$$

dengan R adalah koefisien refleksi bunyi.

#### 2.2.8. Impedansi Akustik

Teori impedansi dalam bidang akustik pertama kali dikenalkan oleh ahli akustik A.G.. Webster pada tahun 1919. Pada perkembangannya berhasil mengaplikasikan secara analog dengan analisis dengan rangkaian listrik.

Besaran-besaran akustik dapat diubah ke dalam sistem persamaan listrik dan dapat juga diselesaikan secara sistem tersebut. Suatu gerakan zat alir dapat dianalogikan dengan sifat arus pada rangkaian listrik yang memiliki besaran resistansi, induktansi dan kapasitansi.

Secara umum dapat dinyatakan bahwa impedansi akustik dari suatu zat alir yang sedang bergerak melalui suatu daerah seluas S merupakan hasil bagi dari tekanan akustik pada permukaan dengan kecepatan partikel pada jarak x dalam volume tertentu, yaitu kecepatan disaat gelombang bunyi mengenai medium

(partikel) sehingga partikel bergetar dan kemudian mempengaruhi partikel berikutnya. Secara matematis dinyatakan pada persamaan (2.4).

$$Z_s = \frac{P_{(x)}}{U_{(x)}} \quad (2.4)$$

dengan:

$Z_s$  : impedansi akustik spesifik

$P_{(x)}$  : tekanan akustik pada jarak  $x$  (Pa)

$U_{(x)}$  : kecepatan partikel pada jarak  $x$  (m/dt)

Metoda tabung impedansi ini dapat dilihat pada Gambar 2.4. Untuk menentukan impedansi akustik dari gelombang yang merambat di dalam tabung, sebuah sumber bunyi berada pada salah satu ujung tabung dan sebuah reflektor terletak pada ujung lainnya dengan koordinat  $x = 0$ . Jika dimensi penampang tabung cukup kecil, maka gelombang yang merambat dalam tabung dapat dianggap sebagai gelombang datar. Gelombang datang dari sumber dengan gelombang pantul dari sampel uji akan berinterferensi dan menghasilkan gelombang tegak.

Tekanan  $P_{(x)}$  pada suatu titik dalam tabung yang berjarak  $x$  dari permukaan sampel adalah seperti pada persamaan (2.5).

$$P_{(x)} = P_o e^{-\psi + i\omega t} \cosh [-(\beta_r + ik)x + \psi_1 + i\psi_2] \quad (2.5)$$

dengan  $\psi = \psi_1 + i\psi_2$  merupakan besaran kompleks yang berhubungan dengan kondisi refleksi pada permukaan sampel uji,  $\beta_r$  adalah konstanta atenuasi karena kehilangan energi pada dinding samping tabung dan udara, dan  $k = \omega / c$

sedangkan  $\omega$  adalah frekuensi angular dan  $c$  kecepatan bunyi. Sedangkan  $P_0$  adalah tekanan akustik pada  $x = 0$ .

Kecepatan osilasi partikel dinyatakan oleh persamaan (2.6),

$$U_{(x)} = \frac{P_0 e^{-\psi + i\omega t}}{\rho c} \left[ 1 - i \frac{\beta_t}{k} \right] \sinh [ -(\beta_t + ik)x + \psi_1 + i\psi_2 ] \quad (2.6)$$

Berdasarkan definisi impedansi pada persamaan (2.4), maka impedansi akustik dengan menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6) diperoleh persamaan (2.7), yaitu

$$Z_s = \frac{\rho c \coth [ -(\beta_t + ik)x + \psi_1 + i\psi_2 ]}{\left[ 1 - i \frac{\beta_t}{k} \right]} \quad (2.7)$$

Jika kondisi pada  $x = 0$ , yaitu pada permukaan sampel uji maka diperoleh persamaan (2.8),

$$Z_s = \frac{\rho c}{\left[ 1 - i \frac{\beta_t}{k} \right]} \coth (\psi_1 + i\psi_2) \quad (2.8)$$

Pada umumnya  $(\beta_t / k)^2 \ll 1$ , sehingga persamaan (2.8) dapat disederhanakan menjadi persamaan (2.9).

$$\frac{Z_s}{\rho c} = \coth (\psi_1 + i\psi_2) \quad (2.9)$$

Untuk dapat menentukan impedansi sampel uji terlebih dahulu harus ditentukan harga  $\psi_1$  dan  $\psi_2$ .  $\psi_1$  dan  $\psi_2$  dinyatakan sebagai berikut

$$\psi_1 = \coth^{-1} (\log (SWR / 20)) \quad (2.10)$$

$$\psi_2 = \pi \left( \frac{1}{2} - \frac{d_1}{d_2} \right) \quad (2.11)$$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Atom dan Inti, FMIPA UNAND dari 1 Maret sampai dengan 16 September 2011.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Pengukuran koefisien absorpsi dan impedansi akustik ini menggunakan beberapa peralatan, yaitu:

##### 1. Tabung Impedansi

Tabung impedansi yang digunakan adalah paralon dengan panjang 120 cm dan diameter 6 cm. Paralon dipilih karena permukaannya cukup halus dan mudah didapatkan dengan harga yang murah dibandingkan dengan tabung baja atau gelas.

Jika pengukuran dilakukan pada jarak dua amplitudo tekanan minimum berturut-turut dari permukaan sampel, maka panjang tabung  $l$  tidak boleh kurang dari (ASTM Designation sec 4 vol 04,06, 1998) :

$$l = \frac{10058,4}{f_{min}} \quad (3.1)$$

dengan  $l$  dalam cm. Sedangkan diameter tabung  $d$ , tidak boleh lebih dari :

$$d = \frac{20320}{f_{maks}} \quad (3.2)$$

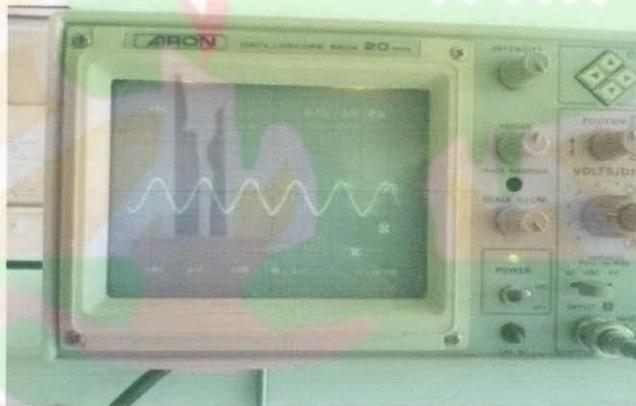
dengan  $d$  dalam cm.

## 2. Amplifier

Amplifier yang digunakan adalah amplifier yang diproduksi oleh Sound Tech SE-038B Echo mic yang dapat berfungsi sebagai penguat masukan dari mikrofon ke osiloskop.

## 3. Osiloskop

Osiloskop yang digunakan merek RON model 5602, manual 20 MHz. Alat ini berfungsi menampilkan bentuk keluaran berupa gelombang yang menunjukkan amplitudo tekanan maksimum atau amplitudo tekanan minimum.



Gambar 3.1 Osiloskop

## 4. Generator sinyal

Generator sinyal yang digunakan adalah generator sinyal merek GW model GFG-8015G dan berfungsi penghasil sinyal yang dihubungkan dengan *loudspeaker* sehingga menghasilkan sumber bunyi dengan berbagai frekuensi.



Gambar 3.2 Generator sinyal

#### 5. Catu Daya

Pada pengukuran digunakan Catu daya merek Universal model SS-100D dan berfungsi sebagai pemberi tegangan input sebesar 12 volt.

#### 6. Loudspeaker

Loudspeaker digunakan sebagai sumber bunyi yang dibangkitkan dari generator sinyal. Yang digunakan adalah loudspeaker 8 Ohm 1,5-2 W dengan diameter 8 cm.

#### 7. Mikrofon.

Mikrofon yang digunakan adalah dengan spesifikasi impedansi 600 ohm, frekuensi respon 10-10.000 Hz.

Sedangkan alat yang digunakan pada pembuatan material komposit adalah cetakan dari kayu berbentuk segiempat dengan lingkaran di tengahnya berdiameter 8 cm, alat penekan yang terbuat dari papan yang disesuaikan dengan diameter tabung dan sebuah timbangan analitik.

### 3.2.2 Bahan

Material uji yang digunakan adalah

- a. Serat limbah kelapa sawit yang didapatkan dari pabrik pengolahan sawit PT. INCASI RAYA Muaro Sakai di kabupaten pesisir selatan.

Bahan pendukung lainnya yaitu :

b. Lem Kayu (lem PVAC)

Lem ini diproduksi oleh P.T. Dynea Indria, Jakarta. *Polivinil asetat* (*Polyvinyl acetate*, PVA atau PVAc) adalah suatu polimer karet sintetis. *Polivinil asetat* dibuat dari monomernya, vinil asetat (*vinyl acetate monomer*, VAM). Hidrolisis sempurna atau sebagian dari senyawa ini akan menghasilkan polivinil alkohol (PVOH). Rasio hasil hidrolisis ini berkisar antara 87% - 99%.

PVA dijual dalam bentuk emulsi dengan air, sebagai bahan perekat untuk bahan-bahan berpori, khususnya kayu. PVA adalah lem kayu yang paling sering digunakan. PVAC juga umum dipakai dalam percetakan buku karena fleksibilitasnya dan tidak bersifat asam seperti banyak polimer lain.



Gambar 3.3 Matriks (lem) yang digunakan

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan komposit dengan material dasar serat limbah kelapa sawit. Setelah pembuatan material komposit selesai kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian. Untuk pengujian, sebelumnya dilakukan

perakitan dan kalibrasi alat untuk pengujian yaitu tabung impedansi dan alat pendukung lainnya. Setelah perakitan dan kalibrasi alat selesai dilakukan kemudian pengujian terhadap material uji yang telah dibuat dilakukan. Adapun diagram alur kerja penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Diagram alur kerja

### 3.3.1 Pembuatan Komposit Serat Sawit

Pada pembuatan material komposit, terlebih dahulu serbuk kelapa sawit dibersihkan dengan air. Untuk menentukan jumlah matrik dan serat atau serbuk digunakan perbandingan massa antara serat dengan matriks yang digunakan. Perbandingan massa serat yang digunakan pada pembuatan material uji kali ini, didapat berdasarkan beberapa kali percobaan dengan menggunakan perbandingan massa yang berbeda. Dari percobaan-percobaan tersebut ditentukan perbandingan massa yang sesuai berdasarkan hasil yang didapat dari segi berat, dan kerapatan.

Pada saat pembuatannya, serbuk kelapa yang telah dicampur dengan lem ditekan sedemikian rupa sehingga memenuhi volume cetakan yang digunakan. Perbandingan massa tersebut didasarkan kepada sifat serbuk kelapa sawit dibandingkan dengan massa setelah dicampur dengan lem dan ditekan. Pemberian tekanan ini bertujuan untuk mendapatkan kekakuan yang lebih besar dan daya rekat antar serbuk yang lebih kuat.

Bentuk material uji yang dibuat disesuaikan dengan ukuran yang dibutuhkan oleh alat penguji, yaitu tabung impedansi.

Langkah-langkah pembuatan material komposit ini adalah sebagai berikut :

1. Menimbang bahan serbuk kelapa sawit dan lem putih yang dibutuhkan sesuai dengan perbandingan massa antara lem putih dengan serbuk.
2. Kemudian serbuk kelapa sawit dicampurkan dengan lem sedikit demi sedikit dan diaduk sampai merata antara serbuk dengan lem.
3. Kemudian setelah merata, masukan kedalam cetakan dan tekan sampai padat.
4. Hasilnya didiamkan dalam cetakan selama 1 hari. Setelah itu, baru dilepaskan dari cetakan dengan memastikan lem telah kering dan merekat dengan baik.

Sampel uji yang dihasilkan ditunjukkan oleh Gambar 3.5.

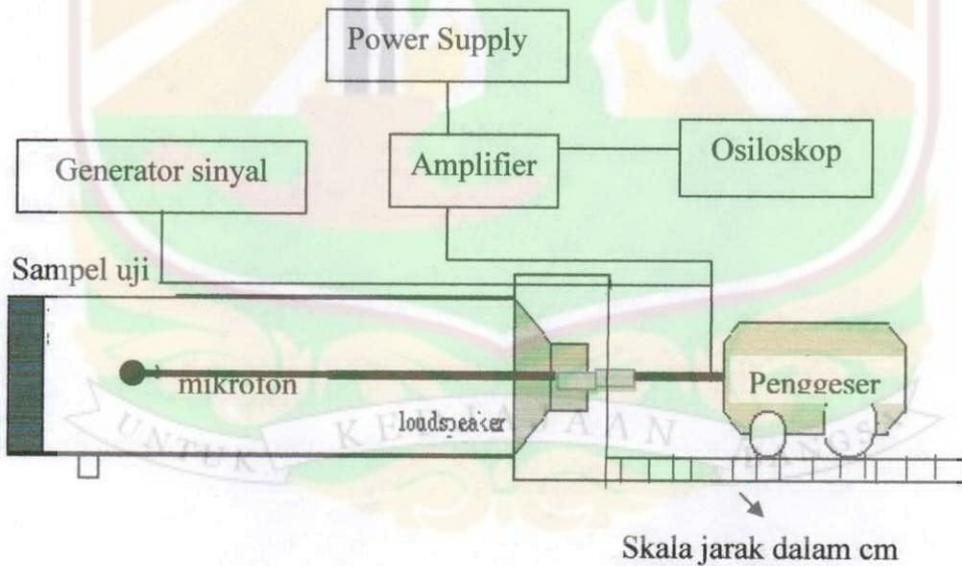


Gambar 3.5 Struktur komposit yang dihasilkan

### 3.3.2 Pengujian dengan Metode Tabung

Untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap bunyi dapat dilakukan dengan menggunakan metode tabung. Pada penelitian ini digunakan tabung impedansi untuk mengetahui kemampuan material serat alam dalam menyerap bunyi, karena selain lebih mudah pengoperasiannya, sampel yang digunakan cukup kecil ukurannya sesuai dengan ukuran tabung impedansi yang digunakan.

Tabung yang digunakan adalah yang terbuat dari pipa peralon yang diatur sedemikian rupa. Dalam pengoperasiannya tabung impedansi ini dihubungkan dengan beberapa alat lainnya yaitu ampilifier, osiloskop, generator sinyal, adaptor, *loudspeaker* dan mikrofon. Seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3.6



Gambar 3.6 Rangkaian tabung

Tabung impedansi ini di dalamnya terdapat sebuah mikrofon yang dapat digerakkan. Pada ujung tabung terdapat *loudspeaker* sebagai sumber bunyi dan material uji terdapat pada ujung tabung lainnya.

Mikrofon yang terdapat di dalam tabung dihubungkan dengan amplifier. Kemudian amplifier dihubungkan ke osiloskop. *Loudspeaker* dihubungkan dengan generator sinyal yang frekuensinya dapat divariasikan. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah frekuensi pada rentang *octave band*, yaitu 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1400 Hz.

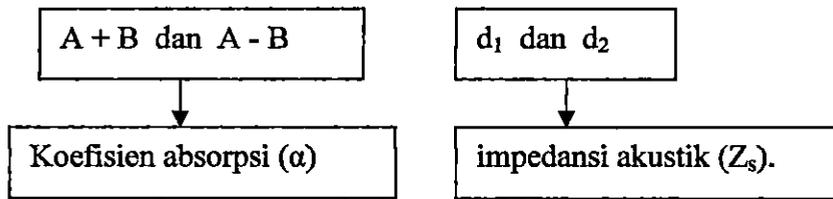
### 3.3.3 Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Mikrofon digeser menjauhi sampel sehingga pada osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan minimum ( $A-B$ ), pada posisi tersebut merupakan jarak minimum pertama dari permukaan sampel ( $d_1$ ) yang di ukur pada skala.
2. Mikrofon digeser sehingga tampilan osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan maksimum ( $A+B$ ) dan dilakukan pengukuran.
3. Mikrofon digeser sehingga osiloskop menampilkan amplitudo tekanan minimum kedua dan lakukan pengukuran jarak dari minimum pertama ke minimum kedua ( $d_2$ ) yang di ukur pada skala.
4. Pengambilan data pada sampel pertama telah selesai. Langkah 1 sampai 3 diulangi untuk sampel yang berbeda. Pengukuran koefisien absorpsi dan impedansi akustik material untuk masing-masing frekuensi dilakukan 5 kali pengambilan data.

Dari data yang diambil tersebut sehingga akan didapatkan nilai koefisien absorpsi

( $\alpha$ ) dan impedansi akustik ( $Z_s$ ). Seperti yang di perlihatkan pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Skema hubungan data yang diambil dengan besaran yang ditentukan



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Densitas

Pengukuran terhadap massa serat kelapa sawit ditetapkan 15 gram, sedangkan pengukuran massa matriks di variasikan sehingga diperoleh densitas ( $\rho$ ) seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Nilai densitas material akustik serat kelapa sawit

Sampel	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Matriks (g)	Densitas ( $\rho$ ) (g/cm <sup>3</sup> )
1	18	58,44	45 g	0,26
2	21	47,61	46 g	0,28
3	22	79,75	47 g	0,27
4	22	67,34	48 g	0,29
5	20	68,77	49 g	0,31
6	23	72,79	50 g	0,32
7	23	65,33	51 g	0,35
8	24	69,73	52 g	0,34
9	24	79,81	53 g	0,36
10	25	66,82	54 g	0,37

Secara umum diperoleh bahwa penambahan matriks pada serat kelapa sawit dapat meningkatkan nilai densitas material. Hal ini disebabkan semakin banyak matriks dicampurkan dengan serat maka matriks tersebut mengisi pori-pori sehingga dapat meningkatkan densitas. Kecuali sampel 3 dan sampel 8 meskipun ditambah matriks tetapi diperoleh nilai densitas menurun. Hal ini disebabkan oleh ketebalan dan diameter sampel yang kurang dikontrol sehingga hal ini juga mempengaruhi volume sampel yang pada akhirnya juga berpengaruh terhadap nilai densitas. Karena jenis bahan yang sama maka bisa diasumsikan bahwa nilai densitas yang besar berarti mempunyai porositas yang kecil.

#### **4.2 Koefisien Penyerapan Bunyi**

Data pengukuran koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akustik disajikan dengan data lengkap pada lampiran 1.

Dari sepuluh sampel yang dilakukan pengujian maka hasilnya dapat dikelompokkan menjadi empat bagian. Dimana masing-masing bagian tersebut mempunyai karakteristik hampir sama. Bagian tersebut adalah sampel 3, 7, 10, sampel 2, 9, sampel 5, 6 dan sampel 1, 4, 8.

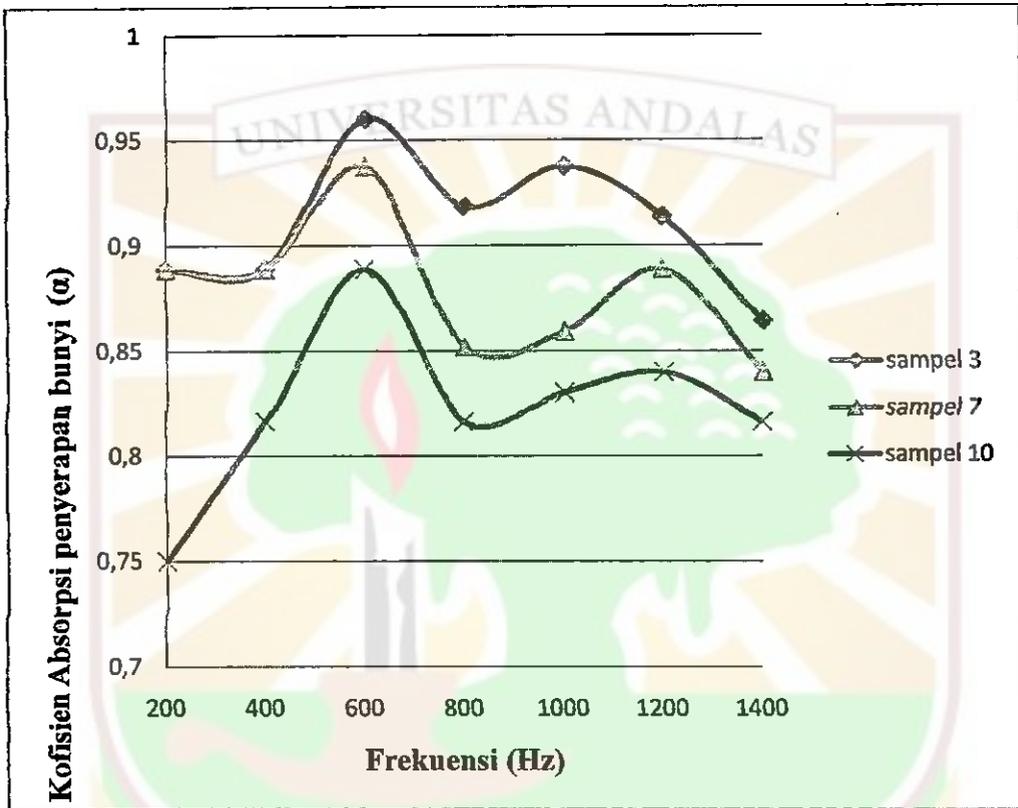
Untuk sampel 3, 7, 10 nilai koefisien penyerapan bunyi material akustik di perlihatkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Nilai koefisien penyerapan bunyi dari sampel 3, 7 dan 10

Frekuensi (Hz)	Koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ )		
	Sampel		
	3	7	10
200	0,888 ± 0,024	0,888 ± 0,009	0,750 ± 0,008
400	0,888 ± 0,112	0,888 ± 0,014	0,816 ± 0,012
600	0,960 ± 0,006	0,937 ± 0,025	0,888 ± 0,024
800	0,918 ± 0,009	0,852 ± 0,013	0,816 ± 0,027
1000	0,937 ± 0,017	0,859 ± 0,011	0,830 ± 0,009
1200	0,913 ± 0,026	0,888 ± 0,021	0,840 ± 0,015
1400	0,864 ± 0,007	0,840 ± 0,039	0,816 ± 0,014

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan dengan secara teori maka didapatkan nilai koefisien penyerapan bunyi material akustik dari ketiga sampel. Nilai koefisien penyerapan bunyi yang tertinggi diperlihatkan oleh sampel 3 pada frekuensi 600 Hz yaitu 0,960. Sedangkan nilai koefisien penyerapan bunyi terendah dari sampel 10 pada frekuensi 200 yaitu 0,750. Untuk lebih jelasnya hubungan

frekuensi versus koefisien penyerapan bunyi seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan koefisien penyerapan bunyi material dengan frekuensi pada sampel 3, 7, dan 10

Hasil percobaan menunjukkan dari ketiga sampel tersebut nilai koefisien absorpsi tertinggi digambarkan oleh sampel 3, karena mempunyai pori-pori yang besar atau densitasnya rendah. Sedangkan nilai koefisien penyerapan bunyi terendah digambarkan oleh sampel 10, karena mempunyai pori-pori yang kecil atau densitasnya tinggi.

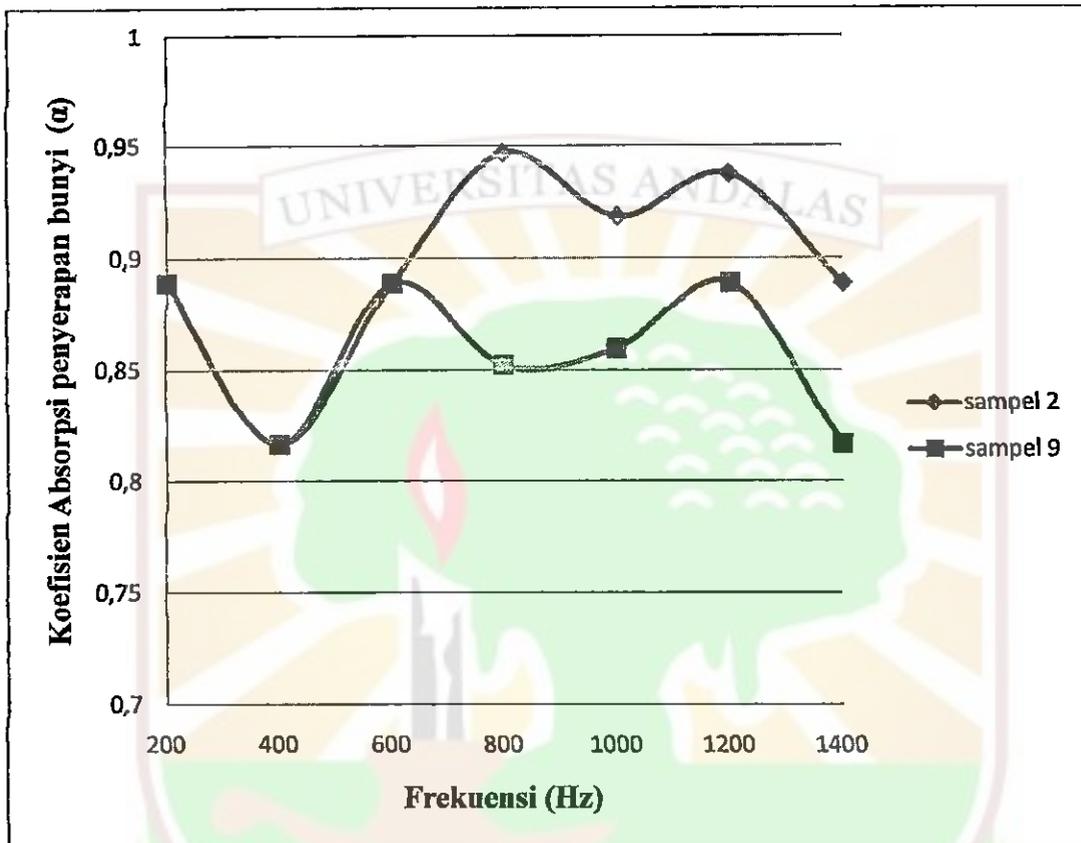
Untuk sampel 2, 9 nilai koefisien penyerapan bunyi material akustik di perlihatkan oleh tabel 4.3.

Tabel 4.3. Nilai koefisien penyerapan bunyi dari sampel 2 dan 9

Frekuensi (Hz)	Koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ )	
	Sampel	
	2	9
200	0,888 ± 0,016	0,888 ± 0,005
400	0,888 ± 0,019	0,888 ± 0,001
600	0,960 ± 0,009	0,937 ± 0,007
800	0,918 ± 0,023	0,852 ± 0,009
1000	0,937 ± 0,018	0,859 ± 0,004
1200	0,913 ± 0,007	0,888 ± 0,012
1400	0,864 ± 0,012	0,840 ± 0,008

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa sampel 2 mempunyai nilai koefisien penyerapan bunyi bunyi terbesar pada frekuensi 800 Hz yaitu 0,946. Sedangkan pada sampel 9 mempunyai nilai koefisien penyerapan bunyi bunyi terkecil pada frekuensi 1400 Hz yaitu 0,840.

Untuk lebih jelasnya hubungan frekuensi versus penyerapan bunyi seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik hubungan koefisien penyerapan bunyi material dengan frekuensi pada sampel 2 dan 9

Dari Gambar 4.2 didapatkan bahwa nilai koefisien penyerapan bunyi sampel 2 lebih besar dibandingkan dengan sampel 9, karena sampel 2 mempunyai nilai densitas yang rendah atau nilai porositas yang tinggi. Pada frekuensi 400 Hz nilai koefisien penyerapan bunyi kedua sampel turun karena pada frekuensi rendah mempunyai panjang gelombang yang lebih panjang sehingga susah memasuki pori-

pori dan lebih banyak dipantulkan. Kemudian nilai koefisien penyerapan bunyi naik sampai frekuensi 600 Hz pada sampel 9 dan 800 Hz pada sampel 2 karena mempunyai panjang gelombang lebih pendek sehingga lebih mudah masuk ke poros dan diserap lebih tinggi.

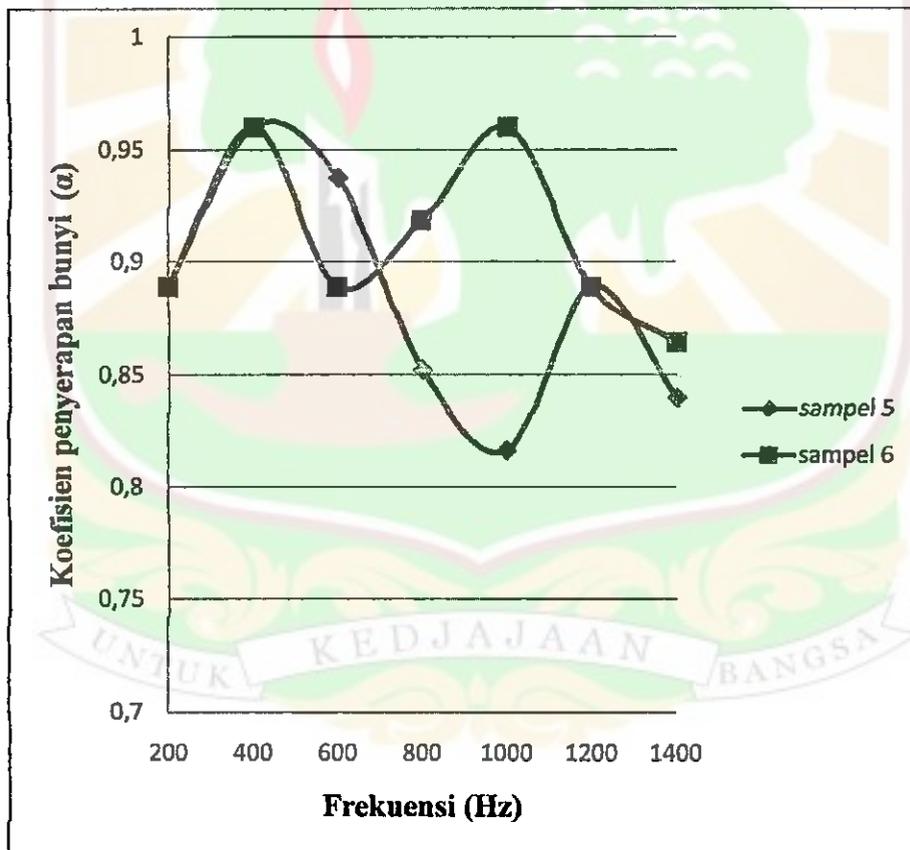
Data hasil pengukuran koefisien penyerapan bunyi pada sampel 5 dan 6 dapat di lihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4. Nilai koefisien absorpsi dari sampel 5 dan 6

Frekuensi (Hz)	Koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ )	
	Sampel	
	5	6
200	0,888 ± 0,009	0,888 ± 0,034
400	0,960 ± 0,003	0,960 ± 0,012
600	0,937 ± 0,006	0,888 ± 0,014
800	0,852 ± 0,012	0,918 ± 0,016
1000	0,816 ± 0,011	0,960 ± 0,009
1200	0,888 ± 0,006	0,888 ± 0,013
1400	0,840 ± 0,005	0,864 ± 0,005

Dari tabel 4.4 dapat kita lihat kedua sampel sama-sama mempunyai nilai koefisien penyerapan bunyi tertinggi pada frekuensi 400 Hz yaitu 0,960. Sedangkan nilai koefisien penyerapan bunyi terendah terdapat pada sampel 5 pada frekuensi 1000 Hz yaitu 0,816.

Untuk lebih jelasnya hubungan frekuensi versus koefisien penyerapan bunyi seperti yang diperlihatkan Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik hubungan koefisien penyerapan bunyi material dengan frekuensi pada sampel 5 dan 6

Pada frekuensi 200 dan 400 Hz nilai koefisien penyerapan bunyi sama karena nilai densitasnya tidak jauh berbeda. Pada frekuensi 600 Hz nilai koefisien penyerapan bunyi sampel 5 lebih tinggi dibandingkan sampel 6 karena disamping densitas yang mempengaruhi nilai penyerapan bunyi ketebalan juga berpengaruh. Sampel 5 mempunyai ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan sampel 6. Kemudian pada frekuensi 800 Hz sampai 1400 Hz koefisien penyerapan bunyi sampel 5 lebih rendah dibandingkan sampel 6.

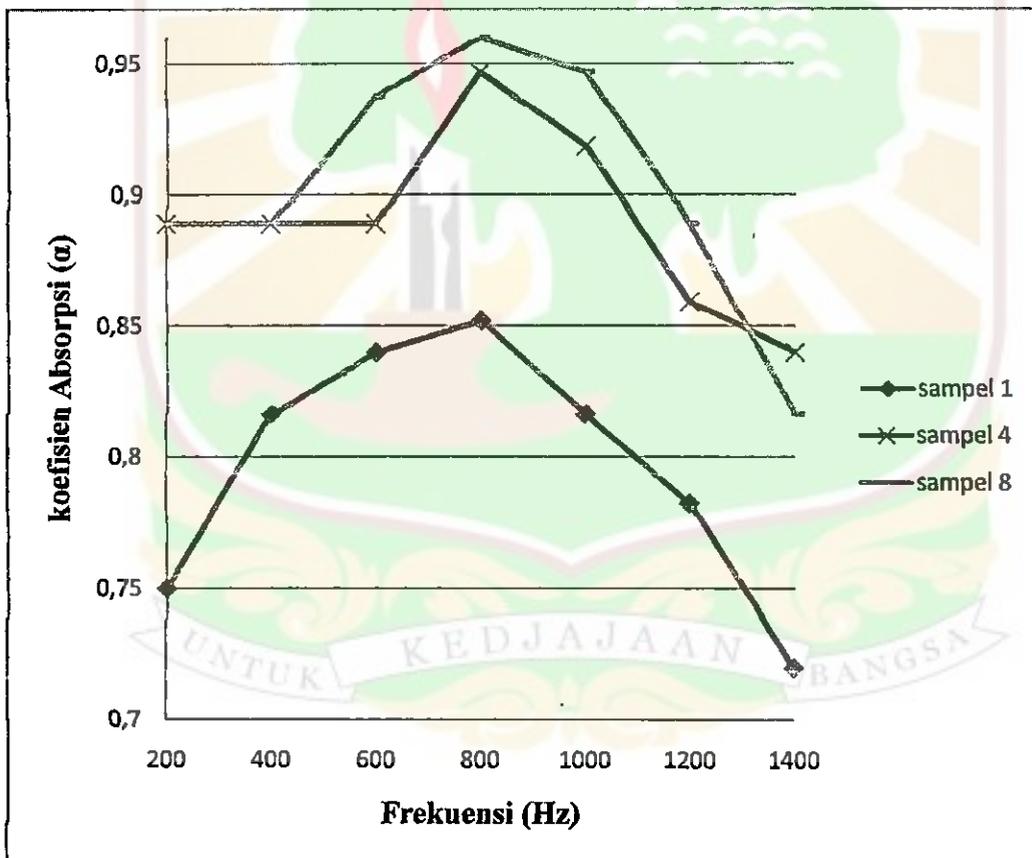
Data hasil pengukuran koefisien penyerapan bunyi pada sampel 1, 4 dan 8 dapat di lihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5. Nilai koefisien penyerapan bunyi dari sampel 1, 4 dan 8

Frekuensi (Hz)	Koefisien absorpsi ( $\alpha$ )		
	Sampel		
	1	4	8
200	0,750 ± 0,017	0,888 ± 0,037	0,888 ± 0,019
400	0,816 ± 0,009	0,888 ± 0,014	0,888 ± 0,007
600	0,840 ± 0,013	0,888 ± 0,018	0,937 ± 0,009
800	0,852 ± 0,012	0,946 ± 0,011	0,960 ± 0,14
1000	0,816 ± 0,013	0,918 ± 0,011	0,946 ± 0, 017
1200	0,782 ± 0,010	0,859 ± 0,016	0,888 ± 0,012
1400	0,719 ± 0,015	0,840 ± 0,009	0,816 ± 0,006

Tabel 4.5 memperlihatkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi tertinggi terdapat pada sampel 8 pada frekuensi 800 Hz yaitu 0,960. Sedangkan nilai koefisien terendah terdapat pada sampel 1 pada frekuensi 1400 Hz yaitu 0,719.

Untuk lebih jelasnya hubungan frekuensi versus koefisien absorpsi dapat kita lihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4. Grafik hubungan koefisien absorpsi material dengan frekuensi pada sampel 1, 4 dan 8

Dari gambar 4.4 memperlihatkan bahwa nilai koefisien absorpsi terendah terdapat pada sampel 1. Sedangkan nilai koefisien tertinggi terdapat pada sampel 8. Hal ini disebabkan oleh ketebalan sampel 1 lebih besar dibandingkan dengan sampel 8 sehingga berpengaruh terhadap penyerapan bunyi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Leslie L Doelle Doelle yang menyebutkan bahwa porositas suatu bahan sebanding dengan penyerapannya, maka dalam penelitian ini didapatkan profil karakteristik yang pada prinsipnya sama dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Leslie L. Doelle sebelumnya.

Sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Angelo Farina dan Patrizio Fausti didapatkan koefisien penyerapan bunyi 0,30 pada frekuensi 600 Hz. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan nilai koefisien penyerapan bunyi 0,96 pada frekuensi 600 Hz. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya ini bisa dikatakan cukup berhasil meningkatkan koefisien penyerapan bunyi.

### **4.3 Impedansi Akustik**

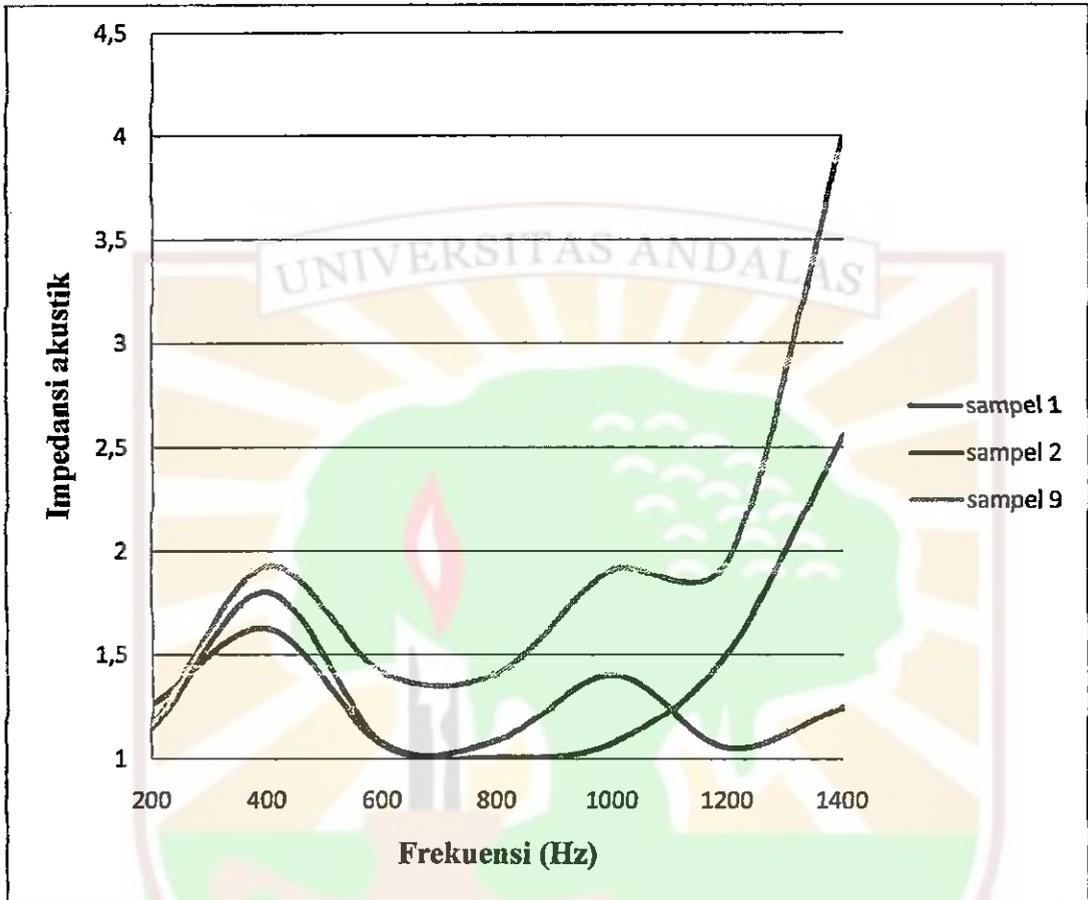
Data hasil pengukuran impedansi akustik menggunakan limbah serat kelapa sawit yang telah dilakukan dengan perbandingan massa material dan matriks. Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan maka dari sepuluh sampel yang kita uji dapat kita kelompokkan menjadi tiga bagian yang mempunyai karakteristik yang hampir sama yaitu sampel 1, 2, 9, sampel 3, 4, 7, 10 dan sampel 5, 6, 8. Untuk data sampel 1, 2 dan 9 dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6. Nilai Impedansi akustik dari sampel 1, 2 dan 9

Frekuensi (Hz)	Impedansi akustik ( $Z_s/pc$ )		
	Sampel		
	1	2	9
200	$1,143 \pm 0,006$	$1,263 \pm 0,008$	$1,165 \pm 0,012$
400	$1,802 \pm 0,016$	$1,624 \pm 0,032$	$1,926 \pm 0,008$
600	$1,077 \pm 0,002$	$1,068 \pm 0,002$	$1,413 \pm 0,011$
800	$1,087 \pm 0,006$	$1,007 \pm 0,040$	$1,413 \pm 0,013$
1000	$1,403 \pm 0,003$	$1,076 \pm 0,017$	$1,910 \pm 0,025$
1200	$1,054 \pm 0,007$	$1,515 \pm 0,013$	$1,953 \pm 0,016$
1400	$1,248 \pm 0,009$	$2,560 \pm 0,012$	$3,994 \pm 0,034$

Dari tabel 4.6 terlihat bahwa nilai impedansi yang tertinggi diperlihatkan oleh sampel 9 pada frekuensi 1400 Hz yaitu 3,994. Sedangkan nilai impedansi terendah diperlihatkan oleh sampel 1 pada frekuensi 1200 yaitu 1,054.

Untuk lebih jelasnya, yang hubungan nilai impedansi versus frekuensi dapat seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik hubungan impedansi akustik dengan frekuensi pada sampel 1, 2 dan 9

Berdasarkan gambar 4.5, hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai impedansi akustik sampel 9 lebih besar dibandingkan dengan sampel 1 dan 2. Hal ini disebabkan oleh sampel 9 mempunyai ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan sampel 1 dan 2 (seperti terlihat pada lampiran 2). Pola impedansi adalah kenaikan frekuensi meningkatkan impedansi akustik.

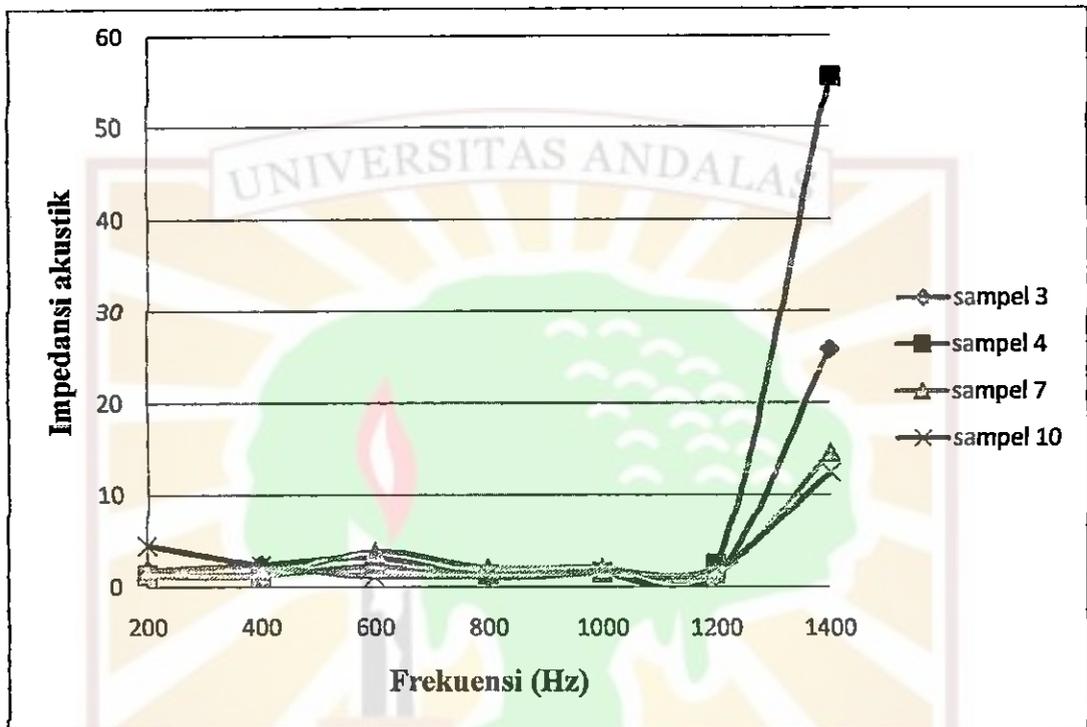
Data hasil pengukuran impedansi akustik untuk sampel 3, 4, 7 dan 10 dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Nilai Impedansi akustik dari sampel 3, 4, 7 dan 10

Frekuensi (Hz)	Impedansi akustik ( $Z_s/\rho c$ )			
	Sampel			
	3	4	7	10
200	1,768 ± 0,005	1,296 ± 0,005	1,236 ± 0,008	4,454 ± 0,010
400	2,382 ± 0,180	1,323 ± 0,004	1,203 ± 0,006	2,342 ± 0,008
600	3,128 ± 0,025	2,164 ± 0,011	3,802 ± 0,002	1,165 ± 0,009
800	1,076 ± 0,008	1,358 ± 0,007	2,046 ± 0,011	1,305 ± 0,001
1000	1,597 ± 0,007	1,531 ± 0,002	2,095 ± 0,003	1,713 ± 0,013
1200	1,222 ± 0,009	2,469 ± 0,009	1,319 ± 0,006	2,017 ± 0,004
1400	25,790 ± 0,312	55,512 ± 0,342	14,560 ± 0,126	12,374 ± 0,19

Dari Tabel 4.7 dapat kita lihat bahwa nilai impedansi tertinggi diperlihatkan oleh sampel 4 pada frekuensi 1400 Hz yaitu 55,512. Sedangkan nilai impedansi terendah diperlihatkan oleh sampel 3 pada frekuensi 800 yaitu 1,076.

Hubungan antara nilai impedansi versus frekuensi dapat kita lihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik hubungan impedansi akustik dengan frekuensi pada sampel 3, 4, 7 dan 10

Dari Gambar 4.6, memperlihatkan bahwa nilai impedansi akustik meningkat pada frekuensi tertinggi. Nilai impedansi tertinggi terdapat pada sampel 4, sedangkan nilai terendah pada sampel 10. Karena penambahan jumlah matriks dapat berpengaruh terhadap nilai impedansi. Semakin banyak jumlah matriksnya maka nilai impedansi semakin berkurang. Hal ini menunjukkan impedansi maksimum pada densitas rendah.

Data hasil impedansi akustik pada sampel 5, 6 dan 8 dapat kita lihat pada

Tabel 4.8.

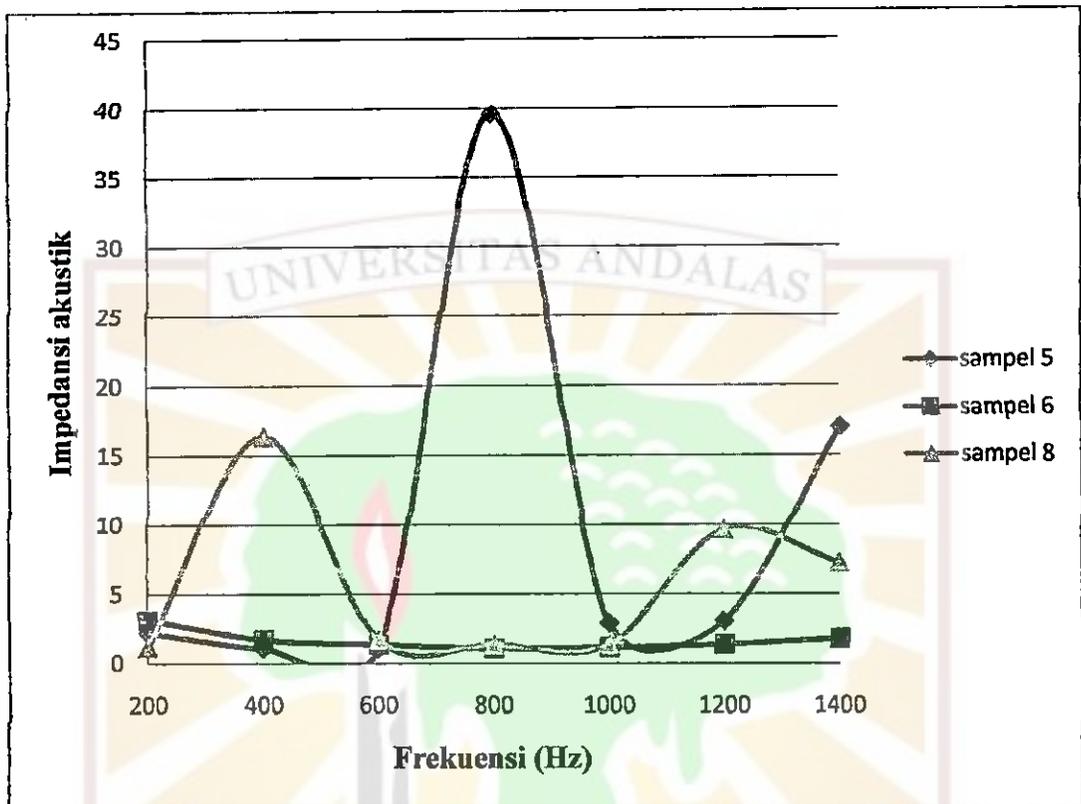
Tabel 4.8. Nilai Impedansi akustik dari sampel 5, 6 dan 8

Frekuensi (Hz)	Impedansi akustik ( $Z_s/pc$ )		
	Sampel		
	5	6	8
200	$2,164 \pm 0,019$	$3,111 \pm 0,023$	$1,165 \pm 0,010$
400	$1,055 \pm 0,012$	$1,675 \pm 0,009$	$16,359 \pm 0,230$
600	$1,064 \pm 0,171$	$1,338 \pm 0,008$	$1,705 \pm 0,005$
800	$35,592 \pm 0,241$	$1,053 \pm 0,011$	$1,350 \pm 0,009$
1000	$2,874 \pm 0,111$	$1,149 \pm 0,006$	$1,358 \pm 0,013$
1200	$3,031 \pm 0,310$	$1,363 \pm 0,008$	$9,654 \pm 0,015$
1400	$17,021 \pm 0,160$	$1,789 \pm 0,005$	$7,236 \pm 0,016$

Dari tabel 4.8 dapat kita lihat bahwa nilai impedansi tertinggi terdapat pada sampel 5 pada frekuensi 800 Hz yaitu 35, 592. Sedangkan nilai impedansi terendah diperlihatkan oleh sampel 6 pada frekuensi 800 Hz yaitu 1,053.

Hubungan nilai impedansi akustik versus frekuensi dapat dilihat pada Gambar

4.7



Gambar 4.7. Grafik hubungan impedansi akustik dengan frekuensi pada sampel 5, 6 dan 8

Dari Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa nilai impedansi tertinggi terdapat pada frekuensi 800 Hz yang di gambarkan oleh sampel 5 dan impedansi terendah digambarkan oleh sampel 6. Hal ini disebabkan oleh nilai densitas sampel 5 lebih rendah dibandingkan dengan sampel 6. Nilai impedansi akustik maksimal pada densitas rendah, dan akan pada densitas tinggi nilai impedansi akan menurun.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Telah dilakukan pengukuran koefisien absorpsi dan impedansi material akustik dengan metode tabung. Dari konsep teori dasar, hasil eksperimen, analisis data dan grafik dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Koefisien penyerapan bunyi akustik yang tertinggi adalah 0.96 pada frekuensi 600 Hz pada sampel dengan komposisi 15 g serat kelapa sawit dan 47 g matriks. Sedangkan koefisien penyerapan bunyi terendah adalah didapatkan 0,75 pada sampel dengan komposisi 15 g serat kelapa sawit dan 54 g matriks.
2. Komposisi serat kelapa sawit dengan matriks mempengaruhi nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansi material akustik. Semakin besar komposisinya maka nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansinya semakin besar pula .
3. Nilai densitas mempengaruhi nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akustik. Semakin tinggi nilai densitasnya maka nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akustiknya akan semakin rendah.
4. Ketebalan sampel mempengaruhi nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akustik. Semakin tebal suatu sampel maka nilai koefisien penyerapan bunyi dan impedansi akan semakin besar pula.