

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT BAMBU
TERHADAP KEMAMPUAN PEREDAM AKUSTIK PADA
KOMPOSIT *UNIDIRECTIONAL* SERAT/*POLYESTER***

(Skripsi)

Oleh

RESTU ANIDIA MUSTIKA DEWI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT BAMBU TERHADAP KEMAMPUAN PEREDAM AKUSTIK PADA KOMPOSIT *UNIDIRECTIONAL* SERAT/*POLYESTER*

Oleh

RESTU ANIDIA MUSTIKA DEWI

Kebisingan merupakan salah satu bentuk pencemaran suara. Penelitian pengaruh fraksi volume serat bambu terhadap kemampuan peredam akustik pada komposit *unidirectional* serat/*polyester* yang bertujuan untuk menganalisa dan memahami pengaruh fraksi volume serat pada komposit unidireksional serat bambu/poliester terhadap kemampuan redam akustik.

Serat bambu dicetak dengan poliester dengan fraksi berurut 5%,10% dan 15% dengan arah 0° terhadap arah datangnya suara dengan diameter 30 mm dan tinggi 15 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi ISO 10534:2 dengan rentang frekuensi adalah 1000 Hz sampai 6300 Hz.

Pada frekuensi 6300 Hz rasio redaman meningkat seiring dengan kenaikan fraksi serat. Rasio absorbs terbaik adalah 0.41 pada spesimen uji fraksi volume serat 15%. Hasil gambar *Scanning Electron Microscope* menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matik belum optimal.

Kata kunci : Komposit, Serat bambu, Tabung impedansi, Koefisien redam akustik, Poliester.

ABSTRACT

EFFECT OF VOLUME FRACTION OF BAMBOO FIBER ON ACOUSTIC ABSORPTION CAPABILITY OF UNIDIRECTIONAL COMPOSITE FIBER/POLYESTER

By

RESTU ANIDIA MUSTIKA DEWI

The sample of noise pollution is the noise in the school area. This study investigated the effect of bamboo fiber volume fraction to the sound absorption ratio of fiber or polyester composite. Representatively, the bamboo fiber was fabricated with the fiber percentage of 5%, 10%, 15%. Fiber direction was 0° to the sound direction. Samples were 30 mm in diameter and 15 mm in height. Testing process used impedance tube ISO 10534:2 in frequency of 1000 Hz to 6300 Hz. Absorption ratio at 6300 Hz frequency was increased with the fiber volume fraction. The best result of absorption ratio was occurred 0.41 at 15% fiber volume fraction. Result of Scanning Electron Microscope showed that the bounding between fiber and matrix was not optimal.

Key words: Composite, Bamboo fiber, Impedance tube, Acoustic absorption ratio, Polyester.

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT BAMBU
TERHADAP KEMAMPUAN PEREDAM AKUSTIK PADA
KOMPOSIT *UNIDIRECTIONAL* SERAT/*POLYESTER***

Oleh

RESTU ANIDIA MUSTIKA DEWI

Skipsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

**: PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT BAMBU
TERHADAP KEMAMPUAN PEREDAM AKUSTIK
PADA KOMPOSIT UNIDIRECTIONAL
SERAT/POLYESTER**

Nama Mahasiswa

: Restu Anidia Mustika Dewi

Nomor Pokok

: 1415021069

Jurusan

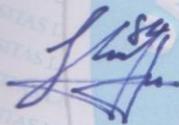
: Teknik Mesin

Fakultas

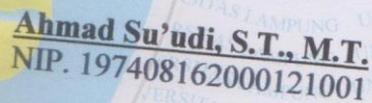
: Teknik

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

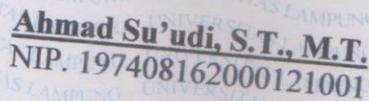


Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.
NIP. 197402021999102001



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

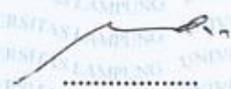
Ketua

: Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.



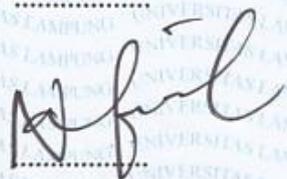
Anggota

: Ahmad Su'udi, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Nafrizal, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 2 Juli 2019

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Restu Anidia Mustika Dewi

NPM : 1415021069

Jurusan : Teknik Mesin

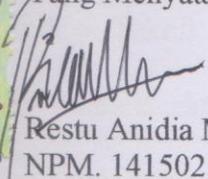
Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No : 06 Tahun 2016.

Bandar Lampung, 24 Juli 2019
Yang Menyatakan,




Restu Anidia Mustika Dewi
NPM. 1415021069

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, Kabupaten Metro pada tanggal 12 Maret 1996. Yang merupakan anak dari pasangan Bpk. Rusdi Effendi dan Ibu Atin Puji Rahayu, S.E. . Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Citra Insani pada tahun 2002, menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Citra Insani pada tahun 2008, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Rawa Jitu Timur pada tahun 2011, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA). Pada bidang akademik, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan, salah satu perusahaan BUMN pengolah batubara. Penulis juga menjadi asisten dosen pada bidang Mata Kuliah Matematika Teknik di Teknik Mesin Universitas Lampung. Selanjutnya pada tahun 2019 penulis menulis skripsi dengan judul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Bambu Terhadap Kemampuan Peredam Akustik pada Komposit *Unidirectional Serat/Polyester*” dengan bimbingan Ibu. Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met. dan Bpk. Ahmad Su’udi, S.T., M.T

Bandar Lampung, 2 Juli 2019

Restu Anidia Mustika Dewi

MOTTO

“Pengetahuan itu belum cukup, kita harus bisa mengaplikasikannya”

“Jangan pernah takut bahwa tidak akan mendapatkan yang lebih baik lagi di masa depan”

“Semua Tuhan, semua surga, semua neraka ada di dalam dirimu”

Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karyaku ini karena :

Allah SWT

Aku persembahkan karyaku ini untuk :

Ayah Rusdi Effendi dan Ibuku Atin Puji Rahayu, S.E.

yang telah mendoakanku serta menyemangatiku sepanjang waktu.

Dosenku Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met. , Ahmad Su'udi, S.T., M.T. ,

Nafrizal, S.T., M.T.

Ibuku Atin Puji Rahayu, S.E., yang telah membimbing, memberi semangat

dan mendoakanku.

Sahabat dan teman-teman seperjuanganku.

Almamater tercinta :

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Bambu Terhadap Kemampuan Peredam Akustik pada Komposit *Unidirectional* Serat/*Polyester*”. Tujuan penulisan skripsi adalah untuk persyaratan menyelesaikan pendidikan strata 1 dan melatih mahasiswa berfikir secara kreatif, inovatif serta ilmiah dalam menulis sebuah karya ilmiah.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 2 Juli 2019
Penulis,

Restu Anidia Mustika Dewi

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Bambu Terhadap Kemampuan Peredam Akustik pada Komposit *Unidirectional* Serat/*Polyester*”. Tujuan penulisan skripsi adalah untuk persyaratan menyelesaikan pendidikan strata 1 dan melatih mahasiswa berfikir secara kreatif, inovatif serta ilmiah dalam menulis sebuah karya ilmiah.

Penulis sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi ini. Penulis terutama ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada:

1. Kedua orang tuaku (Ayah dan Ibu) yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan pendidikan S1 di Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su'udi S.T., M.T. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3. Ibu Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met. dan Bapak Ahmad Su'udi S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan segala bantuan, pengetahuan, saran dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Nafrizal, S.T., M.T. sebagai dosen pembahas skripsi penulis, yang telah memberikan saran dan komentar agar penulis dapat menyelesaikan laporan dengan sebaik mungkin.
5. Teman-teman seperjuangan Anggi Antonius, Kadek Sukanadi, Angga Amiraj, Neneng Hariati, Armulani Pati Hawa yang telah berbagi cerita dan pengalaman selama di masa perkuliahan.
6. Teman-temanku Ranti Ayu P, Rinta Amela P, Ovi Dariantari, Anggita, Lusi Vusfita, Elza Fitriyanita dan Dwi Oktaviani serta teman-teman seperjuangan Teknik Mesin yang selalu membantu dan memberi semangat.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca. Penulis sangat berharap agar laporan kerja praktik ini dapat memberi inspirasi dan bermanfaat bagi penulis, kalangan civitas akademik Unila, dan masyarakat yang membacanya.

Bandar Lampung, Juli 2019

Restu Anidia Mustika Dewi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Komposit	5
B. Material Berpori	9
C. Serat	10
D. Matrik	15
E. Fraksi Volume	17
F. Bunyi	17
G. Koefisien Peredam Akustik	20
H. Pengujian Redam Akustik	21
BAB III. METODE PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian	23

B. Alat dan Bahan	23
C. Prosedur Penelitian	24
D. Data Pengujian	26
E. Diagram Alir Penelitian	28
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Data Pengujian Redam Akustik	29
B. Pembahasan	31
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	43
A. Simpulan	43
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik fisis beberapa jenis bambu	14
Tabel 2.2 Karakteristik dimensi serat beberapa jenis bambu	14
Tabel 3.1. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 5%	26
Tabel 3.2. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 10%	27
Tabel 3.3. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 15%	27
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Redam Akustik pada Komposit Fraksi 5%	29
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Redam Akustik pada Komposit Fraksi 10%	30
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Redam Akustik pada Komposit Fraksi 15%	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komposit polimer dengan serat batang pisang	6
Gambar 2.2 Material berpori	10
Gambar 2.3 Serat bambu kuning	12
Gambar 2.4 Kurva <i>equal loudness level contours</i>	19
Gambar 2.5 Konfigurasi redam akustik sesuai ASTM 1050-12 ISO 10534-2	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	28
Gambar 4.1 Grafik perbandingan frekuensi terhadap rasio redaman komposit bambu fraksi volume 5%	32
Gambar 4.2. Grafik perbandingan frekuensi terhadap rasio redaman komposit bambu fraksi volume 10%	34
Gambar 4.3. Grafik perbandingan frekuensi terhadap rasio redaman komposit bambu fraksi volume 15%	35
Gambar 4.4. Grafik perbandingan frekuensi terhadap rasio redaman komposit bambu fraksi volume 5%, 10%, 15%	36
Gambar 4.5. Permukaan komposit dengan perbesaran 100 μm	39
Gambar 4.6. Permukaan komposit dengan perbesaran 20 μm	40
Gambar 4.7. Foto SEM serat bambu	41
Gambar 4.8. Foto SEM bagian lumen pada serat bambu	42

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Komposit merupakan jenis material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang tersusun secara mikroskopis dimana bahan pembentuk awalnya masih terlihat sama dengan aslinya dan saling memiliki hubungan kerja sehingga dapat menghasilkan sifat yang diinginkan (Mikell, 1996). Material komposit terdiri dari bahan utama dan penguat, bahan utama umumnya berupa polimer dan penguat berupa serat. Serat yang biasa digunakan dalam komposit adalah serat gelas dan serat alam. Saat ini komposit serat alam sedang dikembangkan disbanding dengan serat gelas. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut diantaranya adalah ekonomis, ketangguhan tinggi, mudah dipisahkan, meningkatkan pemulihan energi, terdapat dialam sehingga mudah didapat dan dapat terbiodegradasi (Mukti, 2011).

Salah satu jenis serat alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit adalah serat bambu. Tanaman bambu mudah didapat dari hutan bambu, hutan masyarakat dan perkebunan dan perkebunan bambu. Masa panen bambu adalah 4 tahun dan dari rasio dari panjang dan lebar seratnya nilai bambu merupakan yang tertinggi dibandingkan jenis kayu dan tumbuh-tumbuhan.(Fitriasari dkk, 2008).

Tanaman bambu memiliki beragam jenis diantaranya adalah bambu kuning. Menurut penelitian Fitriyani dkk, besaran rasio *Runkell* untuk bambu kuning adalah sebesar 1,67. Angka tersebut cenderung lebih kecil dari jenis bambu lain. Dari nilai rasio *Runkell* dari bambu kuning tersebut dapat diketahui bahwa bambu kuning memiliki dinding serat yang tipis dan diameter serat yang lebar bambu kuning memiliki berdiameter 0,008 mm dengan dinding serat yaitu 0,007 mm.

Syarat material peredam akustik yang utama adalah berongga karena ketika material tersebut memiliki ruang, pada saat bunyi datang, bunyi akan terperangkap masuk kedalam rongga tersebut dan bukannya terpantul kearah lain yang akan menyebabkan gema. Bahan material peredam akustik yang tersedia dipasaran umumnya adalah *glasswool* dan *rockwool*. Peredam akustik biasanya dipasang di studio musik, perkantoran, ruang karaoke, apartemen, industri dan sebagainya. Adapun material *glasswool* dan *rockwool* adalah bahan sintetis yang tidak ramah lingkungan. Beberapa kelebihan dari serat alam yaitu ekonomis, mudah didapat dan dapat terbiodegradasi yang membuat serat alam menjadi pertimbangan dan sedang dikembangkan sebagai bahan peredam akustik. Serat alam memiliki rongga-rongga yaitu lumen yang mana dibutuhkan sebagai syarat bahan peredam akustik.

Beberapa peneliti sebelumnya telah membuat komposit sebagai material peredam akustik dengan berpenguat serat alam seperti serat tapis kelapa (Astika dkk 2016), serat bambu (Koizumi dkk 2002) juga serat dan pulp bambu (Mutia dkk, 2014). Dari penelitian sebelumnya, belum ada yang meneliti apakah ada pengaruh dari arah orientasi dan besar diameter lumen dari serat

penguatnya. Yang mana seperti apa yang disebutkan Koizumi, bahwa diameter lumen dan kepadatan mempengaruhi koefisien penyerapan bunyi. Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat terhadap koefisien peredam akustik dengan arah serat unidireksional pada komposit serat bambu untuk tugas akhir ini.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisa dan memahami pengaruh fraksi volume serat pada komposit unidireksional serat bambu/poliester terhadap kemampuan redam akustik.

C. Batasan Masalah

Dalam proses penelitian ini masalah akan dibatasi untuk menjelaskan ruang lingkup pembahasan sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan komposit dengan penguat serat bambu.
2. Arah orientasi dari serat pada penelitian ini adalah 0° terhadap arah datangnya bunyi.
3. Rentang frekuensi yang diuji pada penelitian ini adalah 1000 – 6300 Hz.

D. Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun menjadi 5 bab, adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan tentang landasan teori yang menunjang penelitian ini sendiri seperti syarat karakteristik material peredam akustik.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan tahapan konsep rancangan, *flowchart* proses pembuatan tugas akhir, perincian alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta waktu dan pelaksanaan dalam proses penelitian dan pengambilan data.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk bagian ini berisikan tentang data dan informasi yang didapat selama melakukan proses penelitian dan digunakan untuk melakukan analisa, pembahasan, dan evaluasi terhadap hasil yang didapat.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini berisikan simpulan dan saran yang didapat selama proses melakukan penelitian dan pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

A. Komposit

Komposit merupakan jenis material dimana merupakan bentuk dari gabungan antara dua atau lebih material, terdiri dari material pengisi dan fasa penguat. Adapun tujuan dibuatnya material komposit adalah untuk meningkatkan baik itu sifat fisik, mekanik ataupun sifat kimiawinya. Bahan dasar komposit adalah serat dan matrik, umumnya serat bersifat elastis namun tidak tahan pada temperatur tinggi dan matrik bersifat ulet, lunak dan umumnya termasuk jenis *termosetting*.

Menurut Saputra (2016) komposit merupakan suatu sistem multi fasa sifat yang gabungan dari pengikat dan penguat. Karena komposit sendiri bukan terdiri dari hanya satu jenis material saja namun dua atau lebih jenis material dengan pembentukannya dari campuran yang tidak homogen yang bertujuan untuk produk yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Seperti yang telah disebutkan diatas, komposit terdiri dari dua jenis bahan yaitu material pengisi (matrik) dan material penguat (*reinforcement*). Karena dasar komposit tersebut untuk menghasilkan sifat yang berbeda dari material pembentuknya, maka produk yang dihasilkan dapat diatur dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Sebagai contoh dapat

dilihat dari Gambar 2.1 komposit antara serat batang pisang dengan matrik polimer epoksi.



Gambar 2.1 Komposit polimer dengan serat batang pisang (Khotimah dkk,2014).

Maka dari itu komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material nonhomogen yang dibentuk untuk menghasilkan sifat mekanik tertentu.

Pada dasarnya komposit memiliki beragam jenis, beberapa diantaranya dikelompokkan menurut jenis penguatnya, komponen struktural, sifat penguat, dan matrik penyusunnya. Adapun klasifikasi komposit menurut jenis penguatnya adalah partikulat, fiber, dan struktural.

Sedangkan klasifikasi komposit menurut bentuk komponen strukturalnya adalah sebagai berikut:

1. Komposit serat

Didalam komposit serat bahan penguatnya adalah berupa fiber (serat).

Kekuatan serat yang panjang lebih besar dari jenis serat yang berbentuk curah. Serat pada komposit dapat disusun secara acak

maupun dengan orientasi tertentu. Penyusunan serat didalam matrik juga mempengaruhi produk hasil jadinya. Beberapa jenis penyusunannya adalah *continuous fiber*, *woven fiber*, *discontinuous fiber*, dan *hybrid fiber*.

2. Komposit partikel

Komposit partikel merupakan jenis komposit dengan penguat berbentuk serbuk sehingga sifat produknya dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran serbuk, jenis bahannya, rasio perbandingan dan jenis matrik.

3. Komposit lapis

Komposit jenis ini merupakan gabungan dari beberapa lapis komposit yang setiap lapisannya memiliki karakteristik yang berbeda. Sebagai contoh jenis komposit ini adalah aplikasinya pada kaca yang dilapisi, proses pelapisan logam dan komposit lapis serat.

Kemudian terdapat penggolongan komposit berdasarkan matrik penyusunnya. Adapun adalah sebagai berikut:

1. Komposit matrik logam

Komposit ini merupakan jenis komposit gabungan antara logam dengan keramik. Jenis komposit yang juga dikenal sebagai *metal matrix composites* atau MMC merupakan komposit dengan bahan matrik berupa logam dan penguatnya dalam bentuk *continous fiber* atau *particulate*.

Dalam pembuatan MMC proses yang bisa digunakan dengan metalurgi serbuk, ikatan difusi, sintering pada fasa *liquid*, dan juga *stir casting*. Pada beberapa metode diatas memiliki kelebihan dan kekurangannya. Faktor biaya dan jumlah produksi yang mempengaruhinya, sebagai contoh, metode yang paling murah untuk memproduksi MMC adalah *stir casting*.

2. Komposit matrik keramik

Komposit matrik keramik atau *ceramic matrix composites* (CMC) merupakan jenis komposit dua fasa yang mana satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa lainnya berupa matrik yang bahannya adalah keramik. Penguat yang digunakan pada komposit ini biasanya berupa serabut pendek (*whiskers*) yang terbuat dari boron nitrida atau silikon nitrida. CMC dapat diproses dengan metode dimox yaitu proses dimana pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk perumbuhan matrik keramik pada daerah sekeliling penguat. Matrik umum yang digunakan pada CMC adalah gelas anorganik, gelas keramik, alumina dan silikon nitrida.

3. Komposit matrik polimer

Sesuai dengan namanya, komposit ini menggunakan polimer sebagai bahan matriknya. Sifat komposit polimer ditentukan oleh sifat penguatnya, fraksi volume, geometri dan orientasi penguat.

Selain dikelompokkan dari matriknya, komposit juga dibedakan berdasarkan sifat penguatnya, adapun beberapa jenis komposit yang berdasarkan sifat penguatnya adalah sebagai berikut:

1. Komposit isotropik

Jenis ini memiliki penguat yang memberikan penguatan yang sama untuk berbagai arah sehingga nilai tegangan dan regangan yang diberikan untuk berbagai arah akan sama.

2. Komposit anisotropik

Komposit ini memberikan penguatan yang berbeda untuk arah yang berbeda. Besar pembebanan yang diterima akan berbeda dari arah transversal dengan arah longitudinal.

B. Material Berpori

Material akustik mengambil peran penting dalam keteknikan yang berfungsi untuk mengontrol kebisingan. Adapun jenis material akustik dibagi menjadi tiga jenis yaitu material berpori, *board*, dan *resonance-type board*. Salah satu contoh material berpori adalah yang berbentuk granula. Granula berbentuk material yang tersusun dari bulatan bulatan kecil berongga seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Material berpori (Arenas dkk, 2010).

Material berporos sangat efektif terhadap kebisingan dari area frekuensi *broadband*. Penggunaan poliester alami sebagai bahan pengisi komposit seperti serat alam memiliki keunggulan lebih dari *glass fiber* salah satunya ramah lingkungan dan ekonomis. Penggunaan serat nambu sangat menguntungkan dimana jumlahnya melimpah dan pertumbuhannya cepat sehingga siap dipanen setiap tahunnya. Selain itu juga limbah yang dihasilkan lebih aman terhadap lingkungan.

C. Serat

Pada komposit, serat yang disusun secara teratur akan meningkatkan sifat mekaniknya dimana gaya yang bekerja akan searah. Diameter serat mengambil pengaruh besar pada produk komposit yang dibuat. Semakin

kecil serat, kemungkinan terjadinya cacat akan semakin kecil yang menjadi penyebab kerapuhan. Jenis serat pada umumnya dibagi dua yaitu serat sintesis dan alam yang adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Serat sintesis

Pada umumnya serat sintesis terbuat dari polimer, beberapa contohnya adalah nilon, poliester dan *rockwool*. Sebagai contoh adalah poliester, bahan ini dibuat dari hasil polimerisasi atien glikol dengan asam tereptalat. Hasil dari polimerisasi berupa lelehan polimer dan kemudian masuk ketahap *spinning* untuk membentuk fiber. Dalam pembntukan fiber menggunakan temperatur diatas titik lelehnya untuk menjaga fasa leleh polimer tersebut.

2. Serat alam

Serat alam dapat dikumpulkan dari tumbuhan, hewan dan mineral. Serat alam merupakan dasar yang baik dalam pembuatan komposit yang ringan, ramah lingkungan dan ekonomis. Namun ada beberapa poin kekurangan serat alam yaitu diantaranya adalah temperatur proses terbatas, terdapat kandungan lignin yang menyebabkan daya rekat rendah dan serat alam bersifat higroskopik yang membuat serat satu dengan yang lain akan bervariasi ukuran meskipun satu jenis serat. Salah satu jenis serat alam yang dapat digunakan sebagai bahan penguat adalah serat bambu. Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 2.3 bahwa serat bambu cenderung berwarna coklat kekuningan dan lurus memanjang.



Gambar 2.3. Serat bambu kuning

Bambu merupakan salah satu dari family *Graminae*, sub family *Bambusoidae*, suku *Bambuseae*. Umur pemanenan bambu umumnya 1-1,5 tahun pada sekitar akhir musim hujan dan awal musim kemarau. Indonesia terdapat 76 spesies bambu dan tercatat pada sensus pertanian BPS 2013 bahwa terdapat 2.027.105 rumah yang memiliki sekitar 11 rumpun bambu dibudidayakan dan total jumlah populasi bambu di Indonesia berjumlah 23.186.647.

Sifat fisis pada struktur kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Jumlah zat dinding sel
- b. Susunan dan arah mikrofibril dalam sel dan jaringan
- c. Susunan kimia dinding sel

Kelebihan dari pemanfaatan bambu:

- a. Pertumbuhan bambu yang cepat dan mudah dibudidayakan.
- b. Pengerjaannya sederhana
- c. Memiliki sifat mekanik yang baik

d. Terdapat silika pada bagian terluar bambu.

Kekurangan dari pemanfaatan bambu:

- a. Bambu perlu diawetkan untuk pemakaian jangka lama.
- b. Bentuk bambu tidak sama
- c. Bambu merupakan material mudah terbakar.

Bambu memiliki kandungan air yang cukup kaya yang mana pengaruh dari sifat dasarnya yang absorpsi. Kandungan airnya bervariasi yaitu sekitar 130% dari ujung hingga pangkalnya.

Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 disajikan beberapa data dari beberapa jenis bambu diantaranya massa jenis, panjang serat dan diameter lumen. Dari kedua tabel tersebut akan dapat dipahami secara garis besar hubungan antara massa jenis dengan diameter lumen dari bambu. Massa jenis pada bambu berbeda pada setiap ruas dan semakin tinggi ruas akan semakin besar. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat variasi massa jenisnya dimana ukuran bervariasi antara $0,75 - 0,50 \text{ gr/cm}^3$. Pada Tabel 2.2 diketahui variasi diameter lumen untuk beberapa jenis bambu. Adapun besarnya massa jenis mempengaruhi proses pengerjaan pada bambu, sifat mekanik dan fisiknya. Dimana saat massa jenisnya besar, serat bambu dengan kekuatan sobek tinggi sedangkan kekuatan tarik dan ketahanan yang rendah. Selain itu juga sukar pada proses pemasakan dan tentu diameter lumen yang kecil dimana pori yang terbentuk kecil.

Tabel 2.1 Karakteristik fisis beberapa jenis bambu

Sifat Fisis		Bambu					
		Tali	Hitam	Kuning	Andong	Betung	Ampel
Berat jenis (g/cm ³)	Hasil	0,54	0,69	0,72	0,53	0,51	0,75

Sumber: FAO 1980 dalam Fitrisari 2008

Tabel 2.2 Karakteristik dimensi serat beberapa jenis bambu

Dimensi Serat		Jenis Bambu					
		Tali	Hitam	Kuning	Andong	Betung	Ampel
Panjang serat	pengukuran (mm)	3,085	4,626	2,641	4,503	4,693	2,299
Diameter serat	Hasil pengukuran (mm)	0,030	0,029	0,021	0,026	0,025	0,026
Diameter lumen	Hasil pengukuran (mm)	0,006	0,004	0,008	0,005	0,007	0,005
Tebal dinding serat	Hasil pengukuran (mm)	0,012	0,013	0,007	0,010	0,009	0,011

Sumber : Laporan LPHH No. 75, 1976

Dari Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 diatas menunjukkan hubungan berat jenis dengan diameter lumen serat. Besar diameter lumen berbanding terbalik dengan besar massa jenisnya.

Namun khusus pada keadaan bambu kuning berbeda dengan berat jenis 0,72 cm³/g sedangkan diameternya 0,008 mm. Ukuran diameter lumen

yang kecil membuat massa jenis serat semakin besar, hal ini yang membuat koefisien peredam akustik pada material semakin tinggi.

Terdapat beberapa faktor yang dapat merusak bambu, salah satunya adalah jamur perusak bambu. Kerusakan bambu dapat bersifat biologis dan non biologis. Kerusakan bambu akibat biologis adalah jamur dan rayap. Beberapa jenis jamur adalah *Schizophyllum cummune*, *Auricalria sp*; *Pleurotus sp*; *Strureum sp*; dan *Poria incrssata sp*. Rayap hidup pada jaringan serat yang terdapat pati, oleh karena itu perlu dilakukan pengawetan yang dapat membuang zat pati. Kerusakan bambu akibat non biologis adalah kadar air. Tingginya kadar air pada bambu membuat produk material mudah lapuk dan menurunkan kekuatan bambu. Pada kasus material peredam akustik, semakin rendah kadar air, maka rongga pori juga makin besar.

D. Matrik

Material yang umum digunakan sebagai matrik adalah polimer dan logam. Matrik mengambil peran sebagai pelindung dan pengikat untuk serat sehingga dapat meneruskan gaya dengan baik. Umumnya matrik bersifat ulet. Adapun jenis material yang umumnya dipakai sebagai matrik adalah sebagai berikut:

1. Polimer

Jenis polimer ada berupa *thermoset* adalah plastik yang tidak dapat berubah karena panas atau tidak dapat didaur ulang dan *thermoplastic* yang merupakan polimer yang dapat didaur terus menerus dan bisa

berubah karena panas. Ada satu jenis lain polimer yaitu karet. Karet merupakan polimer dengan sistem *cross linked* memiliki kondisi kristalin pada temperatur ruangan.

2. Keramik

Matrik keramik merupakan matrik yang tahan terhadap temperatur tinggi.

3. Logam

Matrik logam cair dituang disekeliling fiber yang telah diatur dengan pendekatan difusi.

Saat memilih matrik harus lah memilih jenis yang memiliki kekuatan mulur lebih besar dari fiber penguatnya. Selain itu juga perlu memperhatikan massa jenis, viskositas, tekanan, suhu *curing*, penyusutan dan juga *void*.

Void merupakan kekosongan pada komposit yang merupakan rongga yang terbentuk akibat tidak merekatnya fiber pada matrik. *Void* mengacu pada kekuatan komposit tersebut, banyaknya *void* semakin membuat produk semakin rapuh.

1. Resin

Resin merupakan material yang berbentuk cair pada suhu ruang dan juga padatan. Resin dapat meleleh pada temperatur 200°C

2. Alkali (NaOH)

Fungsi dari NaOH adalah untuk menghilangkan lignin yang terdapat pada serat. Serat direndam dengan campuran NaOH dan air dalam batas waktu tertentu. Adapun tujuan utama dari alkali adalah untuk

menghilangkan komponen pada serat yang kurang efektif dalam komposit yaitu lignin, pectin atau hemiselulosa. Adapun hasil yang didapat adalah struktur permukaan serat akan menjadi lebih baik dan mudah dibasahi resin.

E. Fraksi Volume

Hal yang mempengaruhi fraksi volume parameternya adalah massa jenis matrik, massa jenis serat, dan massa serat. Adapun persamaan fraksi volume sebagai berikut (Astika dan Dwijana, 2016):

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \quad (2.1)$$

Keterangan:

V_f = fraksi volume serat

w_f = berat serat (g)

f = massa jenis serat (g/cm^3)

w_m = berat matrik (g)

m = massa jenis matrik (g/cm^3)

F. Bunyi

Fenomena bunyi terjadi karena adanya getaran yang bergesekan dengan zat disekitarnya. Zat ini bisa berupa padatan, cair ataupun gas kemudian

partikel yang bergesekan akan meneruskan energi ke partikel yang lainnya. Penyaluran energi ini akan terus berkelanjutan kemudian membentuk rapatan dan renggangan dan dari itu terbentuknya gelombang yang merambat.

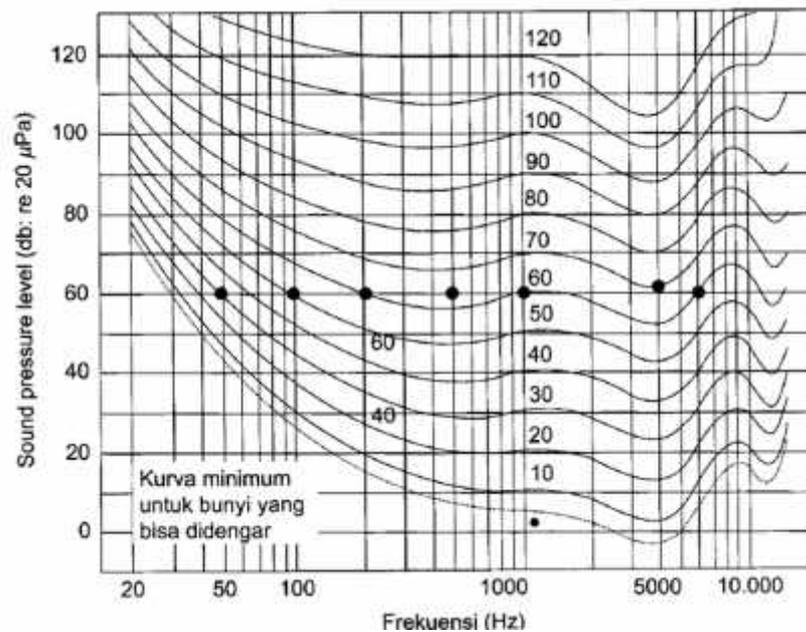
Bunyi yang bergetar merupakan dari sumber tunggal, gelombangnya membentuk gelombang sinusoidal. Banyaknya gelombang sinusoidal yang terjadi persatuan detik dapat disebut frekuensi. Frekuensi dihitung pada satuan Hertz (Hz) sesuai dengan nama penemunya. Frekuensi dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu sebagai berikut (Mediastika,2005):

1. Gelombang infrasonik, merupakan bunyi yang muncul pada frekuensi dibawah 20 Hz.
2. Gelombang audiosonik, bunyi yang muncul pada frekuensi antara 20 Hz – 20000 Hz. Besaran frekuensi ini merupakan frekuensi yang mampu didengar manusia. Pada rentang 20 – 1000 Hz termasuk frekuensi rendah, sedangkan frekuensi sedang pada rentang 1000 – 4000 Hz dan frekuensi tinggi berada pada 4000 – 20.000 Hz. Adapun manusia lebih nyaman mendengarkan bunyi pada frekuensi rendah.
3. Gelombang ultrasonik, merupakan bunyi yang berada pada frekuensi diatas 20000 Hz.

Dari penjabaran diatas diketahui bahwa manusia mampu mendengar pada rentang frekuensi 20 – 20000 Hz. Pada faktanya, telinga manusia tidak sensitif terhadap semua frekuensi audiosonik tersebut. Telinga manusia sensitif pada frekuensi 3000 – 4000 Hz dan kurang sensitif terhadap

frekuensi rendah. Akibat keberagaman sensitifitas terhadap frekuensi menyebabkan grafik yang muncul tidak linier.

Beberapa tes dilakukan oleh Fletcher dan Munson kemudian menghasilkan beberapa kurva yang kemudian disebut *equal loudness level contours* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4. Pada kurva ini menggunakan acuan 0 dB sebagai satuan intensitas atau tekanan bunyi pada *threshold of hearing* dan berada pada frekuensi 1000 Hz maka pada kondisi ini menggunakan *scale phon* (skala phon). Skala phon merupakan tingkat kekerasan bunyi pada



Gambar 2.4 Kurva *equal loudness level contours* (Mediastika,2005).

frekuensi tertentu yang berada pada tingkat dB pada frekuensi 1000 Hz yang berada pada kurva tersebut.

G. Koefisien Peredam Akustik

Pada penelitian Fitriani dkk, koefisien peredam akustik dipengaruhi oleh ketebalan, *air space depth*, massa jenis dan diameter serat dari material. Besaran koefisien penyerapan bunyi (α) menentukan kualitas dari material peredam akustik dimana bentang nilainya antara 0 sampai 1. Pada nilai semakin mendekati 1 maka kualitas penyerapan suaranya akan semakin baik. Dimana hal itu dijelaskan dari persamaan 2.2 dari konsep *Microperforated Panel* (MPP) oleh Maa (1998) koefisien peredam akustik yaitu,

$$\alpha = \frac{4r}{(1+r)^2 + \left[\omega m - \cot\left(\frac{\omega D}{c}\right) \right]^2} \quad (2.2)$$

Dimana

$$r = \frac{32\eta}{\sigma\rho c} \frac{1}{\alpha^2} \left[\left(1 + \frac{(10D\sqrt{f})^2}{32} \right)^{1/2} + \frac{\sqrt{2}(10D\sqrt{f})a}{t} \right] \quad (2.3)$$

Keterangan:

α = koefisien penyerapan bunyi

r = impedansi relatif

ω = *natural frequency* (Hz)

= massa jenis (g/cm³)

c = kecepatan rambat bunyi udara (cm/det)

t = ketebalan panel (cm)

a = diameter orifice (cm)

= porositas panel

D = kedalaman rongga udara (cm)

= koefisien viskositas udara

f = frekuensi (Hz)

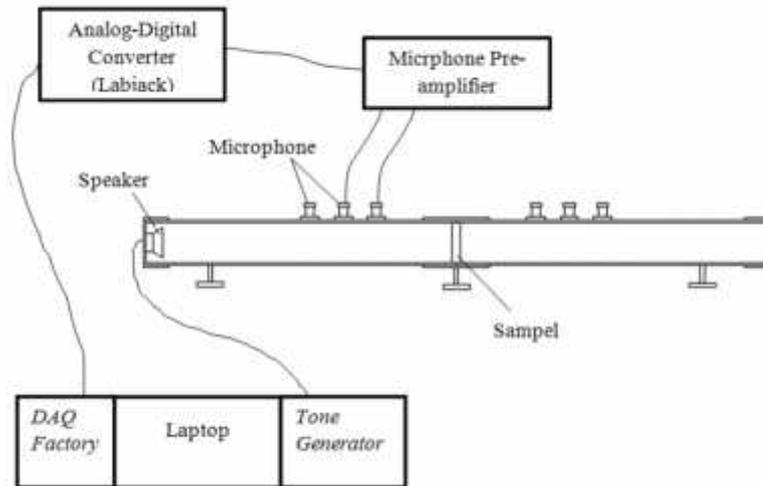
Atau sama dengan,

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah energi yang diserap}}{\text{Total energi bunyi yang datang}} \quad (2.4)$$

Kedua data tersebut diambil dari data yang terekam ADC dan dikonversikan dengan *Sound Wave Analytic* didapat data berupa grafik koefisien-frekuensi.

H. Pengujian Redam Akustik

Pada pengujian material peredam akustik, dapat menggunakan dua metode yaitu metode ruang dengung dan tabung impedansi. Ruang dengung merupakan ruangan yang bersifat reflektif dan *diffuse*. Harga koefisien yang diukur dengan metode ini umumnya digunakan sebagai standar koefisien redam bahan akustik.



Gambar 2.5 Konfigurasi redam akustik sesuai ASTM E 1050-12 ISO 10534-2 (ASTM E 1050, 2011).

Sesuai Standar ASTM E1050-12 pengujian material menggunakan teknik dekomposisi spektral dengan fungsi transfer menggunakan tabung impedansi B&K 4206. Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 2.5 yang merupakan ilustrasi dari pengujian redam bunyi dengan tabung impedansi, metode tabung impedansi digunakan untuk mengukur gelombang yang tegak lurus terhadap spesimen. Pengukuran koefisien peredam akustik dengan metode tabung impedansi dilakukan dengan cara meletakkan spesimen pada salah satu ujung tabung dan suara akan datang dari ujung tabung yang lain. Gelombang yang dipancarkan diperkuat dengan amplifier, dengan sebagian gelombang akan terserap dan sebagian lain akan dipantulkan. Gelombang yang datang dan gelombang pantul ditangkap oleh dua mikrofon. Gelombang yang ditangkap akan diteruskan ke *pulse analyzer* dan pengolahan data pada pengujian menggunakan perangkat lunak *adobe audition*.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium, adapun waktu dan tempat pengujian penyerapan bunyi adalah sebagai berikut:

Waktu : Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni 2018 sampai dengan April 2019

Tempat :

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di:

1. Pembuatan komposit dilakukan di Laboratorium Komposit Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Pengujian redam akustik dilaksanakan di Laboratorium Fisika Bangunan dan Akustik, Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung
3. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Adapun bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Air aquades, untuk membersihkan serat dari kotoran dibutuhkan secukupnya.

2. Resin poliester, sebagai matrik komposit.
3. *Hardener*, campuran matrik agar cepat mengeras.
4. Serat bambu, sebagai bahan komposit.
5. Waks, pelapis cetakan agar produk mudah dilepaskan dari cetakan saat sudah kering.

Adapun alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Cetakan dari pipa PVC 1 ¼ Inch, sebanyak 1 buah dengan tinggi 8 cm.
2. Gelas ukur, untuk meencampurkan matrik dengan pengeras.
3. Mesin press hidrolis, digunakan untuk memudahkan dalam pengambilan serat.
4. Tabung impedansi, media pengujian redam akustik.

C. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian in sebagai berikut:

1. Pengambilan serat

Adapun proses pengambilan serat bambu sebagai berikut:

- a. Bambu kuning di potong sepanjang 10 cm kemudian dibelah menjadi lima atau lebih bagian yang lebih kecil.
- b. Batang bambu yang telah dipotong kemudian direndam dalam cairan NaOH 5% selama 6 jam.
- c. Selesai proses perendaman, batang bambu kemudian diberiskan dengan air aquades dan kemudian di panggang untuk dikeringkan dalam oven dengan temperatur 120⁰C selama 3 jam.

- d. Bambu yang telah kering kemudian ditekan dengan alat press hidrolis sehingga seratnya terpisah.
- e. Serat tersebut dipisahkan dan dikelompokkan berdasarkan panjang seratnya.

2. Pembuatan Komposit

Adapun proses pembuatan komposit adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan cetakan berbentuk tabung dengan diameter 3 cm dan tebal 1,5 cm.
- b. Bagian dalam cetakan dilapisi waks untuk mencegah komposit menempel pada cetakan.
- c. Serat bambu diposisikan pada cetakan.
- d. Mencampur katalis dengan resin
- e. Menyiapkan 3 jenis komposit yang dibuat dengan variasi fraksi volume antara matrik dan penguat serat bambu yaitu 95%:5% , 90%:10% dan 85%:15% dalam orientasi serat yaitu 0°.
- f. Menuangkan matrik ke cetakan.
- g. Proses pengeringan berlangsung selama kurang lebih 10 jam.
- h. Pengangkatan komposit dari cetakan.
- i. Spesimen dikeringkan kembali melalui proses *curing* pada temperatur 70°C selama 2 jam.

3. Pengujian redam akustik

Dalam penelitian ini menggunakan alat uji tabung impedansi untuk mengetahui koefisien redaman bising, adapun tahap pengujian penyerapan bunyi adalah sebagai berikut:

- a. Menempatkan komposit pada tabung impedansi dengan melepas kunci pada tabung impedansi.
- b. Hidupkan *sine generator* dengan menekan tombol On dilanjutkan dengan melepaskan bunyi yang dihasilkan oleh material akustik yang dikuatkan oleh *power amplifier*.
- c. Bunyi tersebut diteruskan ke tabung impedansi melalui *speaker*. Interferensi bunyi ditangkap oleh kedua mikrofon yang kemudian akan dianalisa oleh *acoustic material testing*. Mikrofon ditukar dari *tube* nya guna penyesuaian data.
- d. Besaran tekanan dapat dibaca dari PC dengan *software Adobe Audition*.
- e. Menyimpan data rasio redam akustik yang diuji.

D. Data Pengujian

Adapun data yang akan didapat dari penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.1. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 5%

Frekuensi	Spesimen			Rata-Rata
	A1	A2	A3	
1000				
1250				
1600				
2000				
2500				
3150				
4000				
5000				
6300				

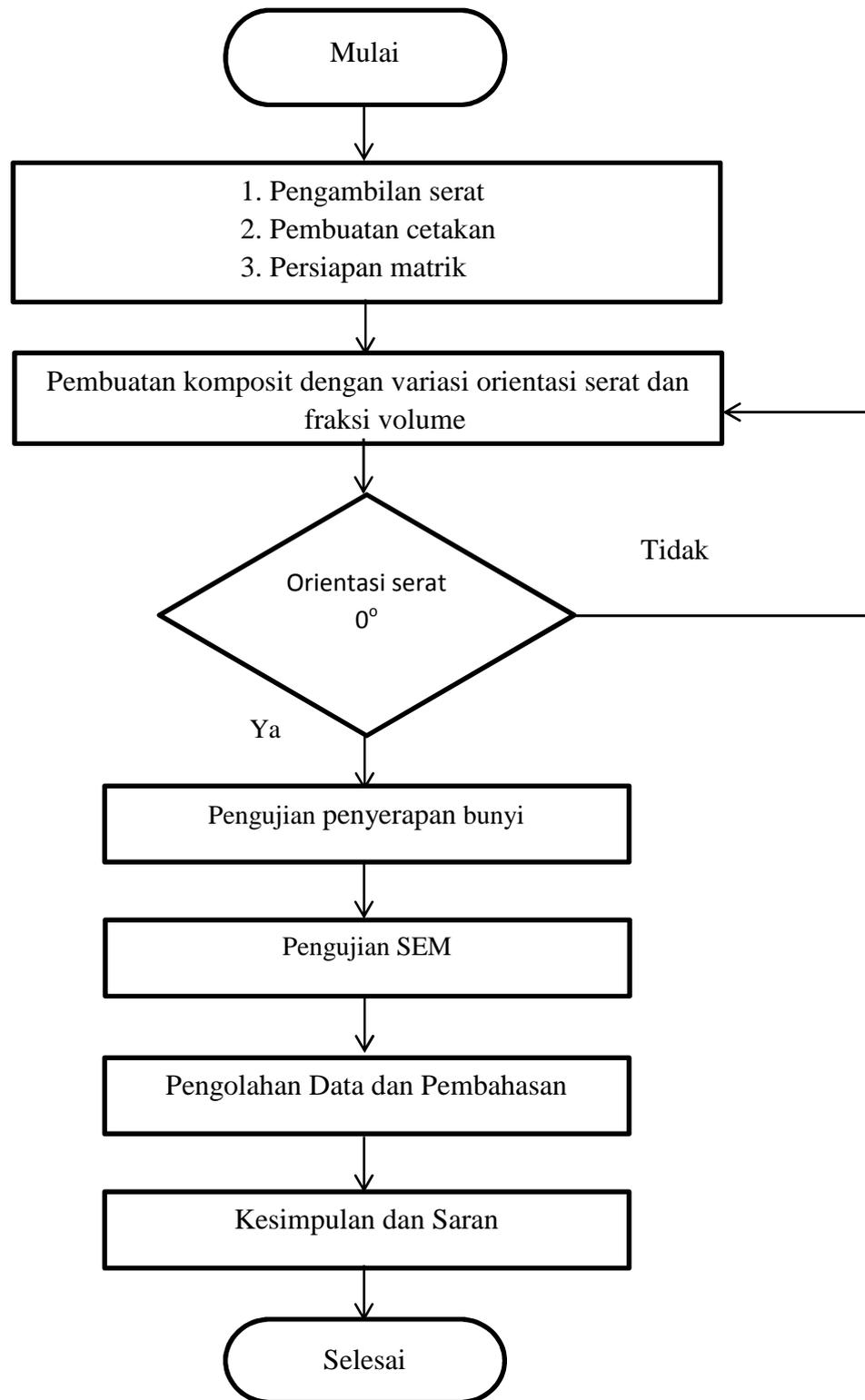
Tabel 3.2. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 10%

Frekuensi	Spesimen			Rata-Rata
	B1	B2	B3	
1000				
1250				
1600				
2000				
2500				
3150				
4000				
5000				
6300				

Tabel 3.3. Data Pengujian Redaman Suara Komposit Fraksi 15%

Frekuensi	Spesimen			Rata-Rata
	C1	C2	C3	
1000				
1250				
1600				
2000				
2500				
3150				
4000				
5000				
6300				

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun simpulan dari penelitian material komposit redam akustik serat bambu ini adalah sebagai berikut:

1. Angka koefisien redam akustik sampel komposit serat bambu dengan fraksi 5%, 10%, 15% pada frekuensi 1000 Hz secara berurut adalah 0.09, 0.15, 0.18. Dari angka tersebut diketahui bahwa sampel mampu redam terhadap frekuensi 1000 Hz dan kemampuan semakin baik pada saat peningkatan fraksi serat.
2. Pada rentang frekuensi 2000-3000 Hz pola grafik koefisien redaman tidak linier kemudian dari 3000 Hz angka koefisien redam meningkat secara linier dengan angka terbesar pada frekuensi 6300 Hz secara berurut 0.17, 0.36, 0.41 pada sampel komposit fraksi serat 5%, 10% dan 15%.
3. Pengamatan dengan SEM menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matrik belum optimal.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu peningkatan fraksi serat pada penelitian selanjutnya untuk pembuktian bahwa fraksi serat mempengaruhi kemampuan redam akustik pada material.
2. Penggantian atau memvariasikan matriks dengan jenis resin yang lebih lunak untuk memahami apakah berpengaruh terhadap kemampuan redam akustik.
3. Variasi ketebalan spesimen dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, apakah ada pengaruh ketebalan material terhadap kemampuan redam akustiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [LPHH]. 1976. “*Dimensi Serat Jenis Kayu di Indonesia*”. Laporan LPHH 75.
- Arenas, P. Jorge dkk. 2010. “*Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials*”.
University Austral of Chile, Valdivia, Chile.
- Astika, I Made dan I Gusti Komang Dwijana. 2016. *Karakteristik Serapan Suara Komposit Poliester Berpenguat Serat Tapis Kelapa*. 2016. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Udayana Kampus Bukit Jimbarab. Bali.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Data Sensus Pertanian 2013*.
<https://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site/tabelprint?wid=0000000000&tid=62&lang=id>
- Fitriani, Mustika C. dkk. 2014. *Analisa Kinerja Akustik Komposit Limbah Serbuk Bambu dengan bahan Perekat Tepung Sagu*. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Fitriasari, Widiya dan Hermiati Euis. 2008. *Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia pada Enam Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas*.
Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan.

Handayani, Sri. 2007. *Pengujian Sifat Mekanik Bambu (Metode Pengawetan dengan Boraks)*. Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Semarang. Semarang.

ISO 10534-2:*Acoustic-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-part 2: Transfer-Function Method*. 1998. *International Standardization Organization*.

Khotimah, Khusnul dkk. 2014. *Komposit Serat Batang Pisang (BSP) – Epoksi Sebagai Bahan Penyerap Bunyi*. Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat.

Koizumi, T dan N. Tsuijiuchi, A. Adachi. 2002. *The Development of Sound Absorbing Materials Using Natural Bamboo Fibers*. Department of Mechanical Engineering, Dishisha University. Japan.

Maa, D. Y., 1998. *Potential of microperforated panel absorbers*. J. Acoust. Soc. Am.,

Mediastika, Christina E. Ph.D.. 2005. *Akustika Bangunan Prinsip – Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga. Jakarta.

Mikell, PG., 1996. *Composite Material Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes, and System*. Prentice Hall

Mukti, Girinda Wahyu. 2012. *Pengaruh Perendaman NaOH Terhadap Kekuatan Impak Komposit Sandwich Bambu Kertas yang Bersifat Serap Bising*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Mutia, Theresia dan Susi Sugesty, Henggar Hardiani, Teddy Kardiansyah, Hendro Risdianto. 2014. *Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara*. Balai Besar Pulp. Bandung.

Perdana, Ricky Aditya. 2018. *Komposit Serat Bambu dengan Variasi Jenis Matriks sebagai Material Alternatif Peredam Suara*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanatha Darma. Yogyakarta.

Saputra, Wahyu Eka. 2016. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (Hibiscus Tiliaceus) – Resin Epoxy*. Teknik Mesin Universitas Lampung. Lampung.

Wardany, HP. 2002. *Analisis Sifat Kimia dan Sifat Anatomi Kayu Mangium (Acacia mangium Wild) pada berbagai Provenansi*. Skripsi Fahutan IPB, Bogor.