



TUGAS AKHIR- TL 141584

**STUDI MATERIAL POLIESTER- GIPSUM BERPENGUAT
SERAT AMPAS TEBU DAN BAMBU BETUNG UNTUK
APLIKASI BAHAN AKUSTIK YANG TIDAK MUDAH
TERBAKAR**

**MUSTAMIR ABDILLAH
NRP. 2711 100 104**

**Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



FINAL PROJECT- TL 141584

**RESEARCH OF POLYESTER-GYPSUM MATERIAL
REINFORCED WITH SUGAR CANE BAGASSE AND
BETUNG BAMBOO FIBER FOR FLAME RESISTANT
ACCOUSTIC APPLICATION**

**MUSTAMIR ABDILLAH
NRP. 2711 100 104**

Advisor

Ir. Moh. Farid, DEA

Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL
ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

**STUDI MATERIAL POLIESTER- GIPSUM
BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DAN BAMBU
BETUNG UNTUK APLIKASI BAHAN AKUSTIK YANG
TIDAK MUDAH TERBAKAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
MUSTAMIR ABDILLAH
NRP. 2711 100 104

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Ir. Mohammad Farid, DEA (Pembimbing I)

Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T (Pembimbing II)



STUDI MATERIAL POLIESTER- GIPSUM BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DAN BAMB BETUNG UNTUK APLIKASI BAHAN AKUSTIK YANG TIDAK MUDAH TERBAKAR

Nama Mahasiswa : Mustamir Abdillah
NRP : 2711100104
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dan memahami perilaku material komposit yang memiliki sifat absorpsi suara dan sifat tahan bakar yang baik dari bahan poliester, gipsum, serbuk ampas tebu, dan serat bambu. Permasalahan yang dikaji ialah perbandingan pengaruh panjang serat bambu yang digunakan pada komposit terhadap nilai absorpsi suara dan ketahanannya terhadap temperatur tinggi. Panjang serat bambu yang digunakan ialah 10mm dan 30mm. Fraksi volume reinforce dan matriks ialah 30% : 70%. Metode pembuatan komposit dengan hand lay-up. Metode pengujian berdasarkan ASTM E1050 untuk uji absorpsi suara, ASTM E1131 untuk uji TGA, dan ASTM D635 untuk uji bakar. Dari hasil pengujian absorpsi suara didapatkan nilai koefisien memenuhi standar ISO 11654 dengan nilai α diatas 0.3. Hasil pengujian bakar tidak didapatkan perbedaan kecepatan bakar yang signifikan antara serat bambu 10mm dan 30mm, rata - rata kecepatan bakar ialah 0.083 mm/detik dan 0.086 mm/detik. Pengujian TGA menunjukkan degradasi massa tertinggi yaitu $-0.130787 \text{ mg}^\circ\text{C}$ pada temperatur 413.5°C .

Kata kunci : poliester-gipsum, serat ampas tebu, serat bambu betung, akustik tidak mudah terbakar.

RESEARCH OF POLYESTER-GYPSUM MATERIAL REINFORCED WITH SUGAR CANE BAGASSE AND BETUNG BAMBOO FIBER FOR FLAME RESISTANT ACCOUSTIC APPLICATION

Name : Mustamir Abdillah
NRP : 2711100104
Department : Teknik Material dan Metalurgi
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstract

This research is aimed to obtain an excellent sound absorbing and flame resisting composite from polyester, gypsum, sugar cane bagasse, and betung bamboo. The scope of problem is the effect of bamboo fiber length towards sound absorption coefficient value and resistance to high temperature in composite. The length of bamboo used are 10mm and 30mm. Reinforce and matrix fraction is 30% : 70% by volume. Method of making composite with hand lay-up. Testing method based on ASTM E1050 for sound absorption test, ASTM E1131 for TGA test, and ASTM D635 for burn test. Absorption test result meet ISO 11654 standard with a value more than 0.3. Burning test result shows no significant difference between bamboo fiber length 10mm and 30mm, average burning rate is 0.083 mm/sec and 0.086 mm/sec. TGA shows highest mass degradation is $-0.130787 \text{ mg}^\circ\text{C}$ at 413.5°C .

Keyword: polyester-gypsum, sugar cane bagasse, betung bamboo, acoustic flame resist.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **Studi Material Poliester-Gipsum Berpenguat Serat Ampast Tebu dan Bambu Betung Untuk Aplikasi Bahan Akustik Yang Tidak Mudah Terbakar**”, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT.

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu di rumah yang senantiasa menunggu dengan doa yang selalu diucapkan setiap saat.
2. Bapak Ir. H. Moh. Farid, DEA dan Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI - ITS yang telah membimbing selama menimba ilmu di kampus.
4. Januar Nur Rohmah S.T., Aulia Fajrin S.T., yang membantu motongin serat bambu sampai malam, M. Zaki Hauna, Yudha Mahendra Agni, Rifqi Aulia Tanjung, yang membantu di detik - detik terakhir, Nabilla Shabrina, Hizkia Eben Haezer A. P. A., Auliya Rahman, Dede Pramono yang menemani pengerjaan TA.
5. Keluarga HMMT khususnya MT10, MT11, MT 12, MT13, MT14, MT15, MT16 yang telah meramaikan kehidupan di kampus.
6. Dan pihak lain.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Harapannya pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberi saran atau kritik untuk kemajuan teknologi dimasa yang akan datang.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit.....	5
2.2 Matriks	5
2.3 Reinforce/Serat.....	6
2.4 Klasifikasi Material Komposit	6
2.4.1 Material Komposit Serat	7
2.4.2 Material Komposit Laminat	7
2.4.3 Material Komposit Partikulat	8
2.4.4 Kombinasi Material Komposit	9
2.5 <i>Polymer Matrix Composite</i>	10
2.6 Aturan Pencampuran (<i>Rule of Mixture</i>)	11
2.7 Gypsum	12
2.8 Poliester Resin.....	13
2.9 Serat Ampas Tebu	14
2.10 Serat Bambu	15
2.11 Lignin	17
2.12 Gelombang dan Bunyi.....	19
2.12.1 Gelombang	19

2.12.2 Bunyi	22
2.13 Material Akustik.....	23
2.14 Koefisien Serap Bunyi.....	24
2.15 Komposit Sebagai Material Akustik	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Bahan dan Peralatan	32
3.2.1 Bahan Penelitian.....	32
3.2.2 Peralatan Penelitian	32
3.3 Variabel Penelitian	32
3.4 Rancangan Penelitian	33
3.5 Pelaksanaan Penelitian	33
3.5.1 Pengolahan Serat Ampas Tebu.....	33
3.5.2 Pengolahan Serat Bambu Betung.....	33
3.5.3 Pembuatan Cetakan	34
3.5.4 Persiapan Matriks Gypsum dan Poliester.....	34
3.5.5 Pembuatan Komposit	34
3.5.6 Proses Pengujian	34
3.5.6.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara	34
3.5.6.2 Pengujian TGA.....	36
3.5.6.3 Pengujian Bakar	37

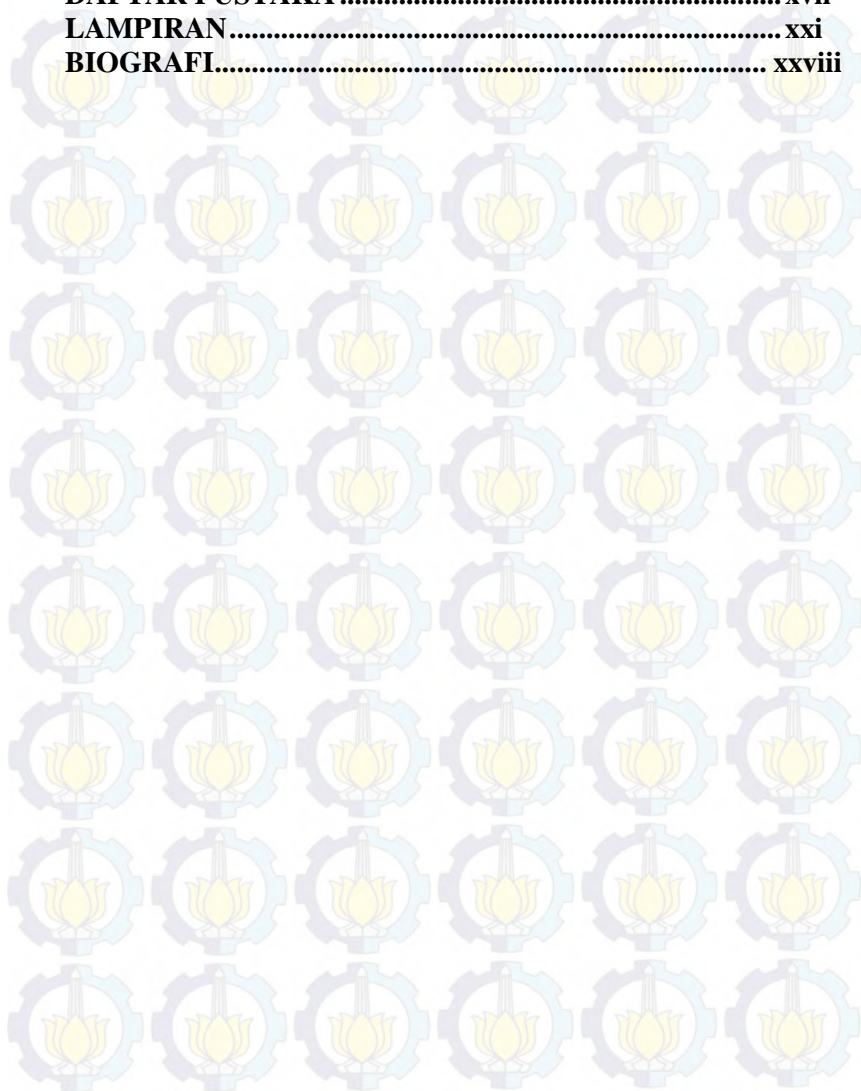
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposit Poliester-Gypsum Berpenguat Ampas Tebu dan Bambu Betung	41
4.2 Koefisien Absorpsi Suara dari Komposit T/B- P/G	42
4.3 Ketahanan Bakar dan Stabilitas <i>Thermal</i>	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	xxi
BIOGRAFI.....	xxviii



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komposit serat.....	7
Gambar 2.2.	Komposit Laminat.....	8
Gambar 2.3.	Komposit partikulat.....	9
Gambar 2.4.	Material komposit berpenguat lamina serat.....	10
Gambar 2.5.	Komposit serat satu arah.....	11
Gambar 2.6.	Gypsum.....	13
Gambar 2.7.	Pembentukan material biokomposit serat ampas tebu.....	15
Gambar 2.8.	Penampang melintang bambu.....	17
Gambar 2.9.	Struktur kimia (rumus bangun) lignin yang terdiri dari 16 unit fenil-propana.....	18
Gambar 2.10.	Reaksi lignin dengan gugus hidroksil dari NaOH.....	18
Gambar 2.11.	Gelombang transversal.....	20
Gambar 2.12.	Gelombang longitudinal.....	21
Gambar 2.13.	Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik.....	26
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3.2.	Gambar 3.2 Rangkaian alat uji absorpsi suara.....	35
Gambar 3.3.	Alat Uji TGA.....	37
Gambar 3.4.	Rangkaian Pengujian Bakar.....	38
Gambar 4.1.	Spesimen Uji Absorpsi Suara.....	39
Gambar 4.2.	Spesimen Uji Bakar.....	40
Gambar 4.3.	Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Suara.....	41
Gambar 4.4.	Grafik Pengujian TGA T/B-P/G.....	45
Gambar 4.5.	Spesimen saat temperatur permukaannya maksimal.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jarak rentang frekuensi sumber bunyi	22
Tabel 2.2.	Keofisien penyerapan bunyi material akustik	25
Tabel 3.1.	Rancangan Penelitian	33
Tabel 4.1.	Tabel Hasil Pengujian Absorpsi Suara	42
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Bakar T/B-P/G	44



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, penerapan ilmu material di zaman yang telah modern ini banyak sekali penggunaan peralatan yang menimbulkan suara yang bising. Dalam waktu yang sebentar mungkin tidak terlalu berdampak pada sebagian besar orang. Akan tetapi, dalam waktu yang lama dapat menimbulkan stress dan mengganggu kesehatan.

Bunyi atau suara adalah pemampatan mekanis atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, dan gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu, atau udara. Oleh karena suara merupakan gelombang yang merambat dan membutuhkan medium, maka suara dapat diredam dan ditahan. Salah satu cara untuk meredam atau menahan rambatan suara tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi medium rambatannya. Sehingga diperlukan sebuah material yang terbuat dari bahan yang dapat menahan laju rambatannya. Penahanan laju rambatan gelombang suara dapat berupa material keras yang solid yang dapat memantulkan kembali gelombang suara, dapat pula merupakan sebuah material lunak yang menyerap gelombang. Adapun jenis bahan penyerap suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel (Lee,2003). Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis penyerap suara lainnya (Lee, 2003).

Bahan-bahan tersebut apabila diaplikasikan langsung berupa material aslinya, maka akan menghasilkan kekurangan dan kelebihan yang mana tidak dapat memenuhi kebutuhan dari penggunaannya. Misalnya jika hanya menggunakan kain tebal untuk meredam suara, maka redaman suara yang akan didapat kemungkinan akan tinggi, tetapi kain tersebut tidak dapat

mempertahankan sesuai bentuk yang diperlukan dalam waktu yang lama. Sehingga kain tersebut perlu dipadu dengan suatu bahan lain untuk mempertahankan bentuknya, misalnya lem, agar kain tersebut dapat mengeras dan mempertahankan bentuknya. Contoh tersebut menggambarkan pentingnya perpaduan antar suatu bahan dan material agar menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan dalam sebuah material menjadi semaksimal mungkin. Oleh karena ini terciptalah sebuah material komposit yang merupakan perpaduan antara dua buah bahan atau lebih yang memiliki sifat yang berbeda untuk mendapatkan sebuah material yang memiliki sifat yang baru.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh kombinasi serat ampas tebu dan serat bambu betung dengan menggunakan matriks poliester-gypsum pada komposit terhadap nilai koefisien absorpsi suara?
2. Bagaimana pengaruh kombinasi serat ampas tebu dan serat bambu betung dengan menggunakan matriks poliester-gypsum pada komposit terhadap sifat tahan bakar?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Pengotor pada saat penelitian dianggap tidak ada.
2. Kadar uap air yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mendapatkan dan memahami nilai koefisien absorpsi suara terbaik berdasarkan ISO11654 dengan mengkombinasikan serat ampas tebu dan serat bambu

betung menggunakan matriks poliester-gypsum pada komposit.

2. Mendapatkan dan memahami sifat tahan bakar terbaik berdasarkan semakin lamanya waktu pembakaran dengan mengkombinasikan serat ampas tebu dan serat bambu betung menggunakan matriks poliester-gypsum pada komposit.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan kombinasi serat ampas tebu dan serat bambu betung dengan matriks poliester-gypsum untuk bahan dasar material penyerap suara.
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
3. Memberikan pengetahuan mengenai sifat absorpsi suara dan sifat tahan bakar komposit berpenguat serat ampas bambu dan serat bambu betung dengan menggunakan matriks poliester-gypsum sebagai petunjuk proses produksi material bangunan yang dapat dimanfaatkan.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Material komposit merupakan kombinasi makroskopik dua atau lebih material, yang memiliki antarmuka (*interface*) pada material penyusunnya. Material komposit adalah material multifasa yang memiliki fasa yang berbeda dan terbentuk secara alami dengan reaksi, transformasi fasa, dan fenomena lainnya, contohnya serat karbon untuk penguat polimer. Material komposit harus dibedakan dengan paduan yang terdiri dari dua atau lebih komponen tetapi terbentuk secara alami melalui proses pengecoran (*casting*). Material komposit dapat diarahkan dalam arah tertentu (*tailoring*) untuk memperoleh sifat-sifat yang diinginkan dengan pertimbangan komponen penyusun, proporsi, distribusi, morfologi, derajat kristalinitas, tekstur kristalografi, dan juga komposisi antarmukan antar komponen. Karena memiliki *tailorability* yang tinggi, material komposit dapat didesain untuk memenuhi kebutuhan teknologi yang berhubungan dengan pesawat ruang angkasa, otomotif, elektronik, konstruksi, biomedis dan industri lainnya. (Chung, 2010).

Komposit tersusun dari 2 fasa, dimana salah satu penyusunnya disebut dengan matriks yang secara kontinue mengisolasi fasa lainnya yang biasa disebut *reinforce*. (Schwartz, 1984).

2.2 Matriks

Matriks merupakan kontituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umumnya adalah keuletan, kekuatan, dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matrik yang

umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik. (Kaw, 2006)

2.3 Reinforce/Serat

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filamen memiliki diameter 5 sampai 15 μm , sehingga dapat diproses lebih lanjut (Gay, 2015). Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu,

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan serat pendek untuk *injection molding*.

2. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya (Sulistijono, 2012).

2.4 Klasifikasi Material Komposit

Secara umum klasifikasi material komposit terdiri dari,

1. Material komposit berserat (*Fibrous composite materials*), terdiri dari serat pada matriks.

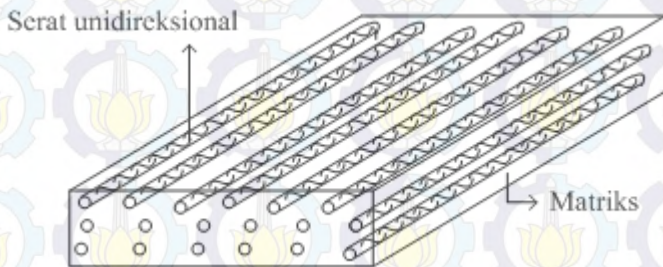
2. Material komposit berlaminasi (*Laminated composite materials*), terdiri dari layer berbagai macam material.

3. Material komposit partikulat (*Particulate composite materials*), terdiri dari partikel-partikel pada matriks.

4. Kombinasi dari tiga tipe diatas.

2.4.1 Material Komposit Serat

Serat panjang pada berbagai bentuk pada umumnya lebih kaku dan kuat apabila dibandingkan dengan material yang sama dalam bentuk rigid. Seperti contoh, plat gelas umumnya patah pada saat menerima tegangan sekitar 20 MPa, sedangkan serat gelas memiliki kekuatan 2800 sampai 4800 MPa. Meninjau hal tersebut, geometri dan bentuk fisik serat menjadi pertimbangan yang penting untuk mengevaluasi kekuatan dan pertimbangan struktural. Kelebihan lain serat adalah memiliki lebih sedikit cacat internal, misalnya dislokasi, apabila dibandingkan material dalam bentuk rigid. Skematik komposit serat seperti pada Gambar 2.1.



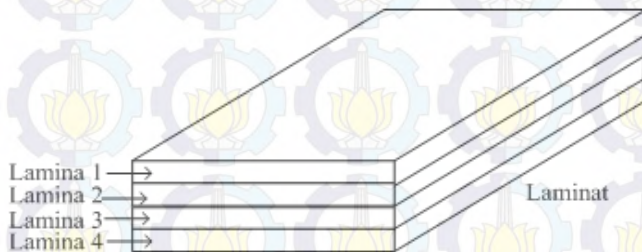
Gambar 2.1. Komposit serat (sumber: Sulistijono, 2012)

Serat dikarakterisasi secara geometri tidak hanya dari rasio panjang terhadap diameter tetapi juga oleh ukuran diameter kristal. Kekuatan dan kekakuan beberapa material serat disusun berdasar peningkatan rata-rata S/ρ dan E/ρ . Densitas pada masing-masing material ditulis karena rasio kekuatan–densitas dan kekakuan–densitas umum digunakan sebagai indikator efektivitas serat, terutama pada aplikasi yang mempertimbangkan berat seperti pesawat ruang angkasa (Jones, 1999)

2.4.2 Material Komposit Laminat

Materil komposit lamina terdiri dari layer paling sedikit dua material berbeda yang terikat bersama. Laminasi digunakan

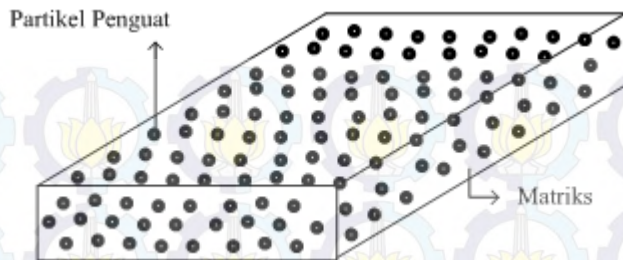
untuk menggabungkan aspek terbaik dari masing-masing layer dan ikatan material digunakan untuk meningkatkan penggunaan material. Sifat-sifat yang bisa ditingkatkan dengan laminasi adalah kekuatan, kekakuan, ringan, ketahanan korosi, ketahanan gesekan, insulasi termal, insulasi akustik, dan estetika. Material komposit jenis ini seperti bimetal, clad metals, laminated glass, dan plastic-based laminates. Skematik material komposit laminat seperti pada Gambar 2.2. (Jones,1999)



Gambar 2.2. Komposit Laminat (sumber: Sulistijono, 2012)

2.4.3 Material Komposit Partikulat

Material komposit partikulat terdiri dari partikel-partikel yang tersebar dalam matriks. Partikel-partikel tersebut dapat berupa logam maupun non logam (Jones, 1999). Secara umum penguat partikel kurang efektif dalam meningkatkan ketahanan patah matriks, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang baik dalam meningkatkan ketahanan patah matriks. Peran partikel dalam komposisi material komposit partikulat adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis matriks yang ada disela-sela partikel (Sulistijono, 2012). Skematik material komposit partikulat seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Komposit partikulat (sumber: Sulistijono, 2012)

Beberapa jenis partikel penguat terdiri dari partikulat, dispersoidal, platelet, serat pendek (*mat*), dan *whisker*. Partikulat merupakan komposit dengan penguat partikel yang biasanya aspek rasio panjang terhadap diameternya kurang dari 5. Partikulat dapat berbentuk mono atau poli kristalin. Bentuknya bervariasi dan diameternya lebih besar dari 1 μm .

Dispersoidal, hampir sama seperti partikulat, memiliki diameter kurang dari 1 μm . Platelet merupakan penguat berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap ketebalannya lebih besar dari 2. Platelet dengan rasio kurang dari 5 termasuk jenis partikulat.

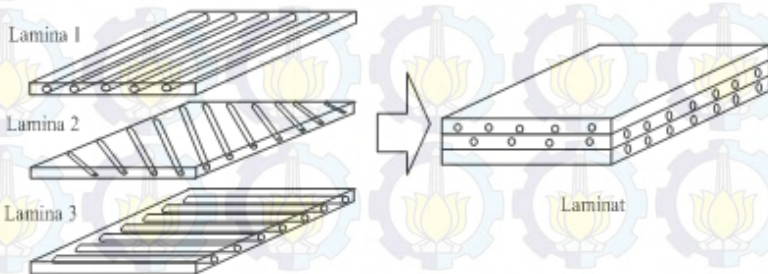
Serat pendek (*mat*) merupakan penguat berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 (umumnya lebih besar dari 100-1000). Komposit serat pendek lebih murah dan cepat dalam fabrikasi. Pada diameter serar tertentu pertambahan panjang akan meningkatkan ikatan antar muka serat/matriks dan memudahkan transfer tegangan kerja yang diinginkan.

Whisker adalah kristal tunggal yang memanjang dengan rasio panjang terhadap diameternya lebih besar dari 10 dan dengan diameter yang identik kurang dari 1 μm . (Sulistijono, 2012)

2.4.4 Kombinasi Material Komposit

Beberapa material komposit menunjukkan lebih dari satu karakteristik, berbagai jenis kelas, serat, laminat, atau partikulat.

Contoh kombinasi material komposit adalah material komposit berpenguat lamina serat, merupakan kelas hibrida material komposit yang terdiri dari material komposit serat dan teknik laminasi. Layer-layer serat yang menguatkan material berikatan secara bersama-sama dengan arah serat pada masing-masing layer. Masing-masing layer memiliki arah orientasi yang berbeda untuk memberikan kekuatan dan kekakuan laminat pada segala arah (Jones, 1999). Skematik material komposit berpenguat lamina serat seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Material komposit berpenguat lamina serat (sumber: Sulistijono, 2012).

Kekuatan dan kekakuan material komposit ini dapat diatur untuk memenuhi kebutuhan desain struktur yang akan dibuat. Seperti contoh pada bodi kapal, panel sayap dan badan pesawat, raket tenis, dan lain-lain. (Jones, 1999)

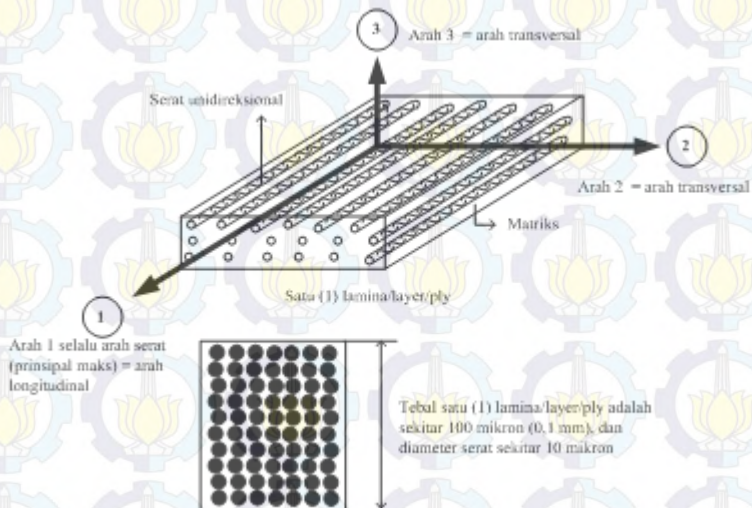
2.5 *Polymer Matrix Composite*

Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composite*) merupakan komposit dengan matriks berupa polimer seperti epoksi, poliester, urethane, diberi penguat berupa serat dengan diameter yang kecil seperti grafit, aramid, dan boron. Contohnya, komposit grafit/epoksi memiliki kekuatan lima kali lebih tinggi apabila dibandingkan dengan baja pada berat yang sama. Hal ini menjadi alasan penggunaan komposit matriks polimer yang luas,

karena harga murah, kekuatan tinggi, dan proses manufaktur yang relatif sederhana. (Kaw, 2006)

2.6 Aturan Pencampuran (*Rule of Mixture*)

Komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang paling luas pemakaiannya. Secara skematik komposit serat diberikan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Komposit serat satu arah (sumber: Sulistijono,2012)

Bila v_c adalah volume komposit yang mengandung volume serat v_f dan volume matriks v_m , maka diperoleh persamaan,

$$v_c = v_f + v_m \quad (2.1)$$

Jika fraksi volume serat v_f , fraksi volume matriks v_m , maka,

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$

Bila w_c adalah berat komposit yang mengandung berat serat w_f dan berat matriks w_m , maka diperoleh persamaan,

$$w_c = w_f + w_m \quad (2.3)$$

Jika fraksi berat serat w_f , fraksi volume matriks w_m , maka,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c}; \quad W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (2.4)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, sebagai berikut,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.5)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.6)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \quad (2.7)$$

Densitas komposit, ditentukan dari persamaan dibawah ini

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \quad (2.8)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c} \quad (2.9)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (2.10)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \quad (2.11)$$

2.7 Gypsum

Gypsum merupakan mineral dengan senyawa kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Bentuknya berupa kristal warna putih dan

berwarna abu-abu, kuning, jingga, atau hitam. Kadar kalsium mendominasi mineralnya. Gypsum merupakan mineral yang mudah teruapkan. Ketika diberi air panas atau air yang memiliki kadar garam yang tinggi, gypsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau menjadi anhidrit (CaSO_4). Pada keadaan setimbang, gypsum yang berada pada diatas temperatur 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.



Gambar 2.6. Gypsum (sumber: Agung dan Farid,2015)

2.8 Poliester Resin

Poliester adalah polimer *thermosetting* yang terbentuk jika dicampur dengan *catalyzing agent* atau yang biasa disebut dengan “*hardener*”. Poliester dikenal karena daya adhesinya yang sangat baik, daya tahan panas yang cukup tinggi, serta mempunyai sifat mekanik (*Mechanical Properties*) dan sifat isolasi listrik yang baik. Poliester telah dipergunakan secara umum oleh masyarakat pada bidang otomotif dan industri. Harga poliester yang relatif murah dengan daya adhesi yang baik menjadi alasan bagi masyarakat untuk menggunakannya sebagai penguat serat (*fiber reinforcement*) pada fiberglass atau sebagai bagian dari komposit.

Matriks ini dapat menghasilkan keserasian antara matrik dengan serat dengan mengontrol faktor jenis dan jumlah komponen, katalis, waktu dan suhu. Sifatnya yang tahan dengan *creep*, sangat memadai sebagai perekat struktur berbeban berat, tahan dengan radiasi serta tahan dengan kondisi suhu yang tinggi (Hartomo,1992).

Terdapat banyak jenis poliester, bila dimodifikasi menurut cara tertentu akan menghasilkan sifat-sifat yang bervariasi. Resin poliester sendiri bersifat kaku dan rapuh. Sifat termalnya, karena mengandung monomer stiren, maka temperatur deformasi termal lebih rendah daripada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah $\pm 110-140^{\circ}\text{C}$. Sifat listrik lebih baik diantara resin termoset lainnya, tetapi diperlukan penghilangan kelembapan yang cukup pada saat pencampuran.

Ketahanan kimia yang dimiliki pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksidasi, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih dalam waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembapan dan sinar UV bila dibiarkan diluar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. (Surdia dan Saito, 1999)

2.9 Serat Ampas Tebu

Serat ampas tebu (*bagasse*) merupakan residu dari tebu setelah dihancurkan untuk memperoleh sari tebu. Limbah serat tebu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan produk baru, karena memiliki ongkos fabrikasi yang rendah dan merupakan material yang sangat ramah lingkungan. Dengan modifikasi yang sesuai dan prosedur manufaktur yang dilakukan, serat ampas tebu meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, modulus kelenturan, kekerasan, dan kekuatan impak. Serat ampas tebu juga mudah untuk diberi

perlakuan dan dimodifikasi dengan bahan kimia, selain itu dapat dicampur dengan material lain untuk menghasilkan tipe material komposit yang baru (Balaji, 2014). Secara skematik alur proses pemanfaatan serat ampas tebu sebagai komposit, seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pembentukan material biokomposit serat ampas tebu.

Serat ampas tebu dalam menguatkan komposit polimer dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, komposisi kimia serat, dimensi sel, sudut *microfibrillar*, cacat, sifat fisika, dan sifat mekanik, dan juga interaksi serat dengan polimer. Untuk memperluas penggunaan serat ampas tebu untuk komposit dan meningkatkan performanya, maka perlu diketahui karakteristik dari serat tersebut.

Serat ampas tebu terdiri dari $\pm 50\%$ selulosa dan $\pm 25\%$ masing-masing pada hemiselulosa dan lignin. Secara kimia, ampas tebu terdiri dari 50% α -selulosa, 30% pentosan, dan 2,4% abu. (Balaji, 2014).

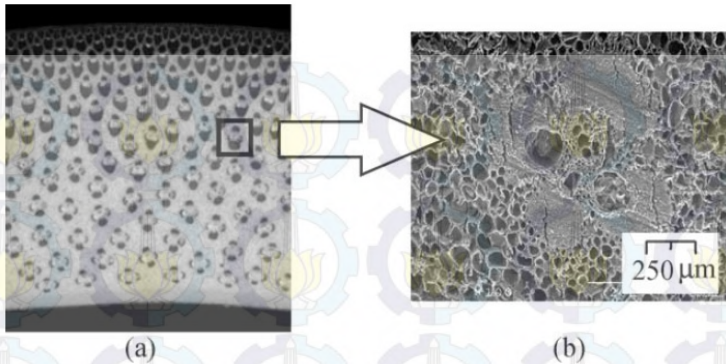
2.10 Serat Bambu

Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) ialah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi memiliki dinding yang tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu betung 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah ketinggian 1900 mdpl (Fahmi, 2011).

Bambu betung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu betung tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi (Casey 1980 dalam Fatriasari 2001; Widya dan Euis, 2008). Bambu betung memiliki nilai slenderness (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat lentur serat akan semakin besar akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik. (Tamolang dan Wanggaard, 1961 dalam Ramdhani, 1994).

Bambu betung memiliki prosentase zat terlarut dalam etanol benzena sebesar 0,91 % yang dengan kata lain sangat rendah. Akan tetapi prosentase zat terlarut dalam NaOH 1M tinggi yaitu sebesar 24,06 % . Zat terlarut dalam alkohol benzena antara lain resin, lemak, lilin dan tanin, sedangkan zat terlarut pada NaOH ialah lignin, pentosan dan heksosan. Kehadiran zat ekstraktif yang berupa minyak dan lemak akan mengurangi kekuatan ikatan antar serat, memperbesar konsumsi alkali dan memperlambat delignifikasi (Widya dan Euis, 2008). Sedangkan kehadiran zat lignin mengakibatkan sifat kegetasan serta menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan. (Arfie, 2010)

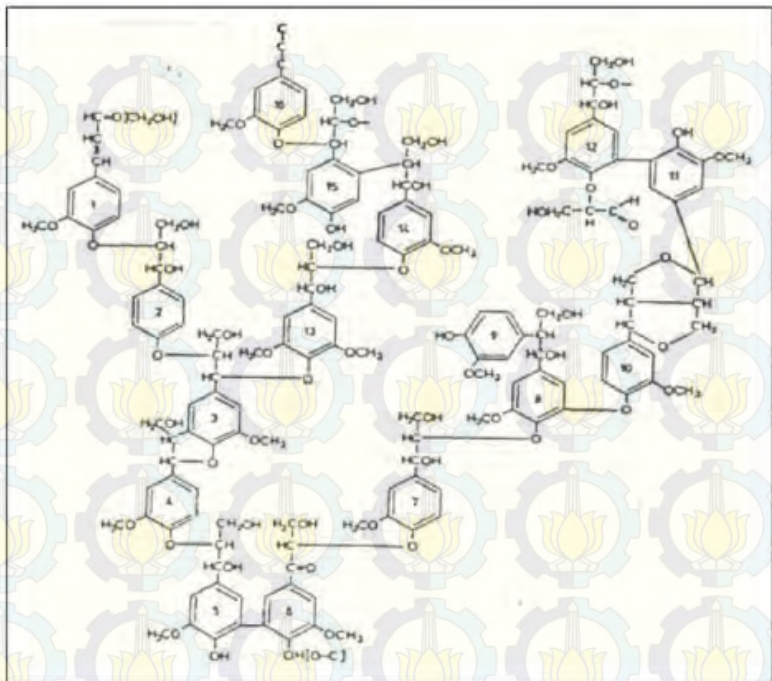
Gambar 2.8 menunjukkan penampang melintang bambu. Kolom bambu terdiri dari beberapa ikatan *vascular* dan *xilem*. Ikatan *vascular* terdiri dari empat pembungkus serat, dua dinding tipis, dan beberapa tabung penyaring. *Xilem* dikelilingi oleh ikatan *vascular*. Masing-masing pembungkus terdiri dari serat tunggal yang memiliki diameter 10-20 μ m (Okubo, 2004).



Gambar 2.8. Penampang melintang bambu. (sumber: Okubo, 2014)

2.11 Lignin

Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propano yang terdapat di dalam dinding sel dan di daerah antar sel (atau lamela tengah).



Gambar 2.9. Struktur kimia (rumus bangun) lignin yang terdiri dari 16 unit fenil-propana (sumber : Afni Ariani Lubis. 2012)

Lignin dapat larut dalam larutan natrium hidroksida. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil.



Gambar 2.10. Reaksi lignin dengan gugus hidroksil dari NaOH (sumber : Afni Ariani Lubis, 2012)

2.12 Gelombang dan Bunyi

2.12.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

1. Gelombang mekanik

Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya, gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.

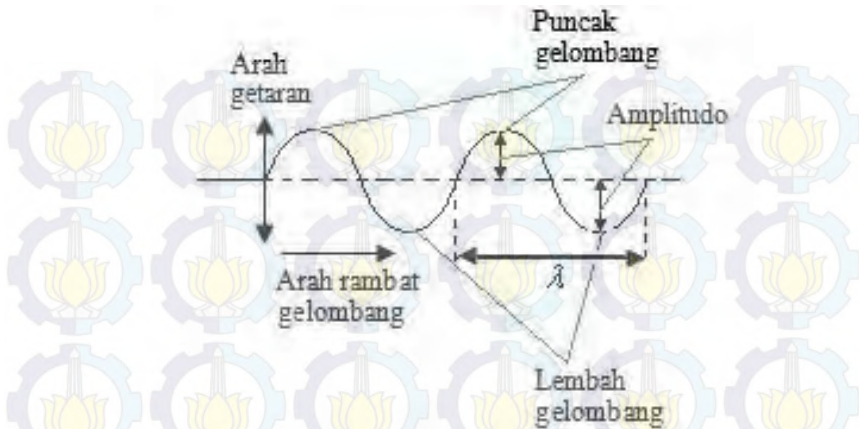
2. Gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kecepatan cahaya. Contohnya sinar gamma (γ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya.



Gambar 2.11. Gelombang transversal (sumber: M. Nurhusaeni.2010)

Keterangan :

λ = panjang gelombang , satuannya meter (m)

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan satuannya m/s. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v , λ , T , dan f ialah :

$$f = 1/T$$

$$\lambda = v \times T$$

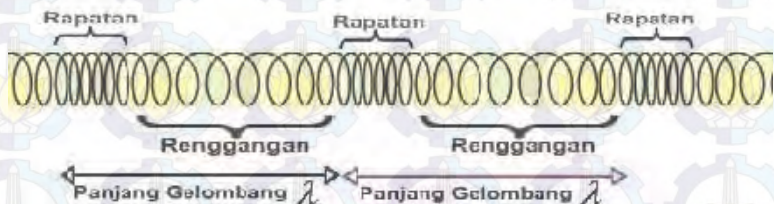
$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$

2. Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya

gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



Gambar 2.12. Gelombang longitudinal (sumber: repository.usu.ac.id.2008)

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.

Tabel 2.1. Jarak rentang frekuensi sumber bunyi (sumber: repository.usu.ac.id.2008)

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

2.12.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972).

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *Subyektif*.

Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman et al, 1988).

Syarat terdengarnya bunyi ada tiga macam yaitu ada sumber bunyi, ada medium (udara), dan ada penerima/pendengar.

2.13 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Peredam suara merupakan suatu hal penting didalam desain akustik, dan dapat diklasifikasikan menjadi 4 bagian yaitu:

1. Material berpori (*porous materials*)
2. Membran penyerap (*panel absorbers*)

3. Rongga penyerap (*cavity resonators*)

4. Manusia dan furnitur. (Asade, 2013)

2.14 Koefisien Serap Bunyi

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan suara. Dari berbagai jenis bahan penyerap suara, penyerap jenis berserat merupakan yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral wool (*rockwool* atau *glasswool*). Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian.

Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan sehingga bahan ini merupakan bahan yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009).

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Koefisien penyerapan bunyi material akustik (sumber: Doelle, Leslie L, 1993.)

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak diluluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

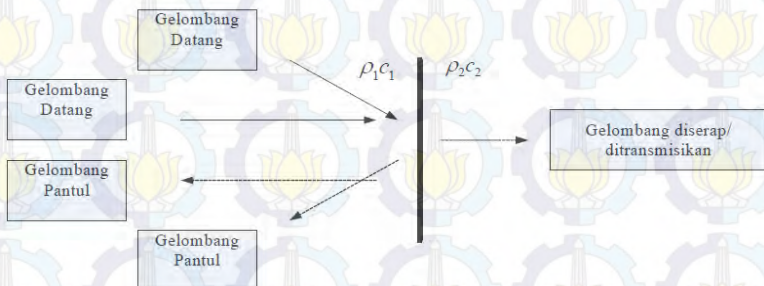
Proses penyerapan suara berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel.

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.6), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan (R) dan diserap/ditransmisikan (α) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ($R = 1$), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi $R = 1$ atau koefisien pantul (R) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ($\alpha = 1$), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi $\alpha = 1$ atau koefisien serap (α) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ($0 < \alpha < 1$).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi $\rho_1 c_1$ $\rho_2 c_2$ seperti pada gambar 2.6, dimana ρ adalah massa jenis material dan c adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus

terhadap permukaan bahan. Jika $\rho_1 c_1$ lebih kecil dari $\rho_2 c_2$, energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika $\rho_1 c_1$ lebih besar dari $\rho_2 c_2$, energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika $\rho_1 c_1$ sama besar dengan $\rho_2 c_2$, energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.



Gambar 2.13. Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik (sumber: unimed.2011)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$ akan dipantulkan
2. $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$ akan diserap
3. $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$ akan diserap dan dipantulkan

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi (α). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut.

Untuk mendapatkan suatu pembacaan standar secara umum tanpa melihat rentang frekuensi masing-masing koefisien absorpsi bahan, maka dipakai nilai NRC (*Noise Reduction*

Coefficient) atau koefisien reduksi bunyi. NRC atau koefisien reduksi bising adalah angka rata-rata koefisien absorpsi material akustik pada frekuensi 250, 500, 1000, dan 2000 Hz. NRC diperlukan untuk menunjukkan seberapa jauh efisiensi bahan dalam mereduksi bunyi, dan ini dipakai sebagai angka standar internasional dalam menilai efisiensi kemampuan bahan dalam mereduksi bunyi. Nilai NRC dijadikan sebagai data dalam menilai kinerja akustik bahan dalam pemilihan dan perancangan bahan akustik ruang pada mesin atau bangunan secara keseluruhan. (repository.usu.ac.id.2008)

Misalnya : karpet memiliki α sebagai berikut :

- pada frekuensi 250 = 0,15
- pada frekuensi 500 = 0,25
- pada frekuensi 1000 = 0,35
- pada frekuensi 2000 = 0,45

Maka NRC Karpet ialah : $\frac{0,15 + 0,25 + 0,35 + 0,45}{4} = 0,3$

2.15 Komposit Sebagai Material Akustik

Menurut Alldi dan Farid (2015), komposit serat tebu dan bambu betung dengan (30%Gypsum) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik. Pada frekuensi rendah nilai α (koefisien absorpsi)nya sebesar 0,154 pada frekuensi 125 Hz, namun menurun pada frekuensi 160 Hz dengan nilai α sebesar 0,154. Akan tetapi pada frekuensi selanjutnya 200, 250, 315, 400 sampai 630 Hz nilai α nya terus meningkat sampai 0,36. Pada rentang frekuensi sedang antara 800 sampai 2000 Hz nilai α nya terus mengalami kenaikan sampai nilai 0,406. Sedangkan pada rentang frekuensi tinggi 2000 Hz sampai 4000 Hz kemampuan menyerap suaranya sangat baik dengan peningkatan nilai α sampai 0,444 sehingga kemampuan penyerapan terbaik ada pada frekuensi 4000 Hz dengan nilai α tertinggi.

Pada spesimen komposit (10mmT-G) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik pada frekuensi 4000Hz.

Menurut ISO 11654 material dikatakan sebagai penyerap suara yang baik saat nilai α ialah 0,15. Pada frekuensi 1000 Hz dicapai nilai α sebesar 0,073 kemudian nilai α naik sedikit pada frekuensi 2000Hz dan 4000 Hz hingga menjadi 0,155.

Pada spesimen komposit (30mmT-G) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang tidak begitu baik. Pada frekuensi 1000 Hz nilai α sebesar 0,147, pada frekuensi 2000 Hz mengalami penurunan nilai α menjadi sebesar 0,075. Nilai α kembali meningkat namun tidak signifikan pada frekuensi 4000Hz menjadi 0,083.

Pada spesimen komposit (50mmT-G) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik pada frekuensi 1000Hz. Pada frekuensi 1000 Hz nilai α sebesar 0,177, mengalami penurunan pada frekuensi 2000Hz menjadi 0,08. Setelah itu Nilai α meningkat lagi pada Frekuensi 4000 Hz menjadi 0,092.

Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya. (Suban dan Farid, 2015)

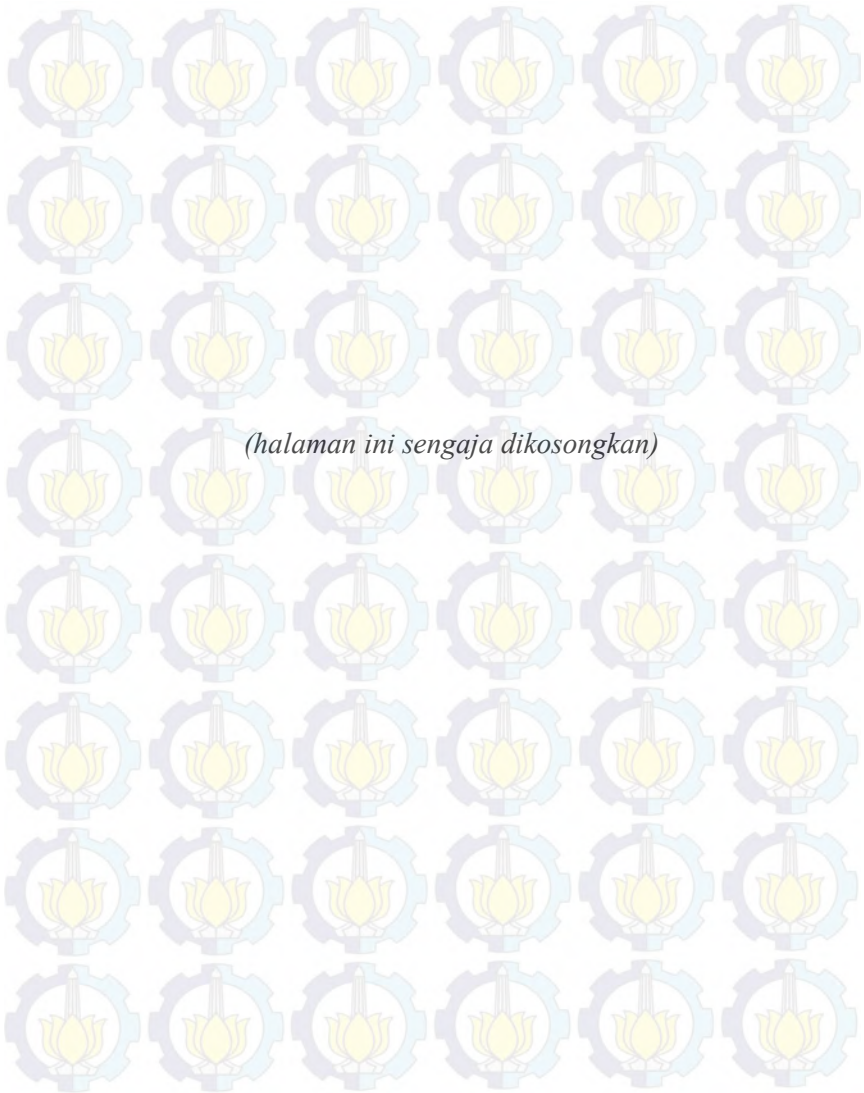
Farid dan Heriyanto (2013) menunjukkan adanya kinerja penyerapan suara material komposit berbasis serat rami dalam ruangan mencapai 99% dan hanya 1% energi suara yang direfleksikan pada frekwensi 1255 Hz.

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekwensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu.

Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga

akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Farid dan Agung, 2015)

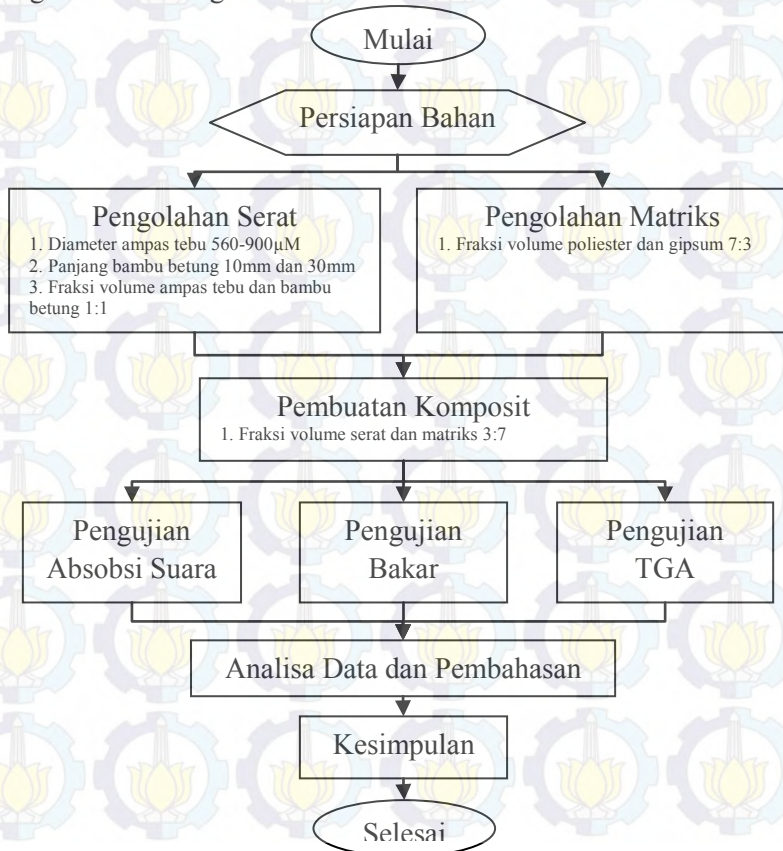
Dari hasil pengujian koefisien absorpsi pada komposit serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks gipsum, nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi setiap spesimen berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena perbedaan dari komposisi spesimen tersebut yang menyebabkan perbedaan kerapatan ataupun ketidak homogenan spesimen tersebut, ketidak homogenan tersebut disebabkan karena tidak meratanya sebaran serat sehingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1 di bawah. Pembuatan diagram alir penelitian bertujuan agar mempermudah pemahaman mengenai langkah-langkah penelitian yang dilakukan, karena digambarkan dengan sistematis.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat ampas tebu (PTPN Candi Sidoarjo)
2. Serat bambu betung (dari daerah Lumajang)
3. Resin poliester yukalac 157 (PT. Justus Sakti Raya)
4. Katalis (PT. Justus Sakti Raya)
5. Gypsum (cap *Elephant* PT. Siam-Indo Gypsum Industry)
6. NaOH 1M (PT. Brataco)
7. Aquades

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Gergaji
2. Gerinda
3. Cetakan kaca
4. Timbangan digital (merk METTLER)
5. Gelas ukur (merk Herma)
6. Penggaris (merk Butterfly dan Kenko)
7. Jangka sorong (merk Mitutoyo)
8. Gunting
9. Kertas amplas
10. Blender
11. Mesin *sieve*
12. *Oven*
13. Termometer tembak digital
14. *Cutter*
15. Alat uji absorpsi suara
16. Alat uji bakar
17. Alat uji TGA (merk METTLER)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu panjang serat bambu 10 mm dan 30 mm.

3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, berikut adalah tabel rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian

No	Panjang Serat Bambu Betung	Sampel	Pengujian		
			Uji Bakar	Uji TGA	Uji Absorpsi Suara
1	10 mm	1	V	V	V
		2	V	V	
		3	V	V	
2	30 mm	1	V	V	V
		2	V	V	
		3	V	V	

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan persiapan alat dan bahan. persiapan ini sangat penting untuk dilakukan agar penelitian dapat berjalan lancar dan hasil yang didapat dapat maksimal.

3.5.1 Pengolahan Serat Ampas Tebu

Serat ampas tebu direndam dalam air selama 1 hari lalu dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran - kotoran yang masih menempel dengan serat. Setelah itu dioven hingga kering.

Serat ampas tebu yang telah kering kemudian diblender hingga halus.

Serat tersebut kemudian disieve agar didapatkan diameter antara 560 - 900 μm .

3.5.2 Pengolahan Serat Bambu Betung

Bambu betung yang masih panjang dipress hingga hancur sampai serat terpisah dengan ligninnya secara makro satu sama lain.

Serat bambu kemudian direndam dengan larutan NaOH 1M selama 1 hari untuk mengurangi kandungan ligninnya, kemudian dicuci bersih dengan air. Setelah itu dioven hingga kering.

Serat yang telah kering kemudian diambil satu per satu lalu dipotong dengan ukuran 10 mm dan 30 mm.

3.5.3 Pembuatan Cetakan

Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng dengan diameter 100 mm dan tinggi 10 mm.

Untuk cetakan spesimen uji bakar terbuat dari kayu dengan dimensi 125x13x3 mm.

3.5.4 Persiapan Matriks Gypsum dan Poliester

Gypsum ditimbang berdasarkan perbandingan volume yang telah ditentukan.

Pencampuran gypsum dan resin dengan perbandingan 3:7 sampai merata.

3.5.5 Pembuatan Komposit

Campuran poliester dan gypsum yang sudah diaduk secara merata dicampurkan dengan serat bambu betung dan ampas tebu yang telah tercampur lalu dituangkan ke dalam cetakan yang sudah ada, dengan perbandingan fraksi volume yang telah dihitung menggunakan metode *hand lay-up*.

Campuran gypsum dan serat yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan diratakan ke seluruh penampang cetakan.

Menunggu hingga campuran kering selama lebih kurang 1 hari.

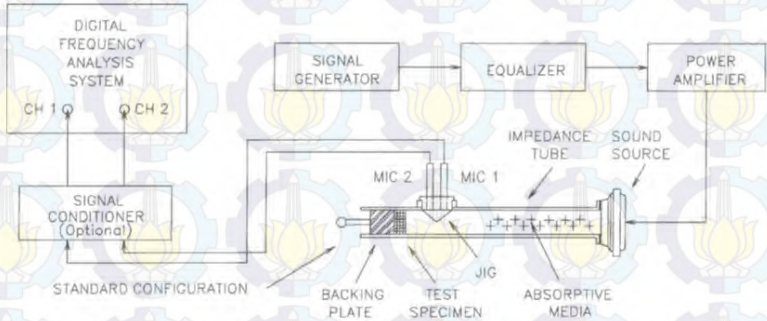
Membongkar spesimen dari cetakan.

3.5.6 Proses Pengujian

3.5.6.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impedansi dengan standarisasi

menurut ASTM E1050. Dimensi spesimen berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impedansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3.2 Rangkaian alat uji absorpsi suara

Pengujian Absorption adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.

$$R = \frac{H_i - H_r}{H_i + H_r} e^{j2k(l+s)}$$

$$\alpha = 1 - |R|^2$$

Dimana :

R = Koefisien pantul bunyi pada sampel

H_1 = *Frequency Response Function* (FRF) tabung impedansi

H_i = FRF yang berhubungan dengan *incident wave*

H_r = FRF yang berhubungan dengan gelombang pantul

f = frekuensi

k = nomor gelombang

l = jarak antara *microphone* dan sampel

s = jarak antar *microphone*

α = koefisien absorpsi suara

3.5.6.2 Pengujian TGA

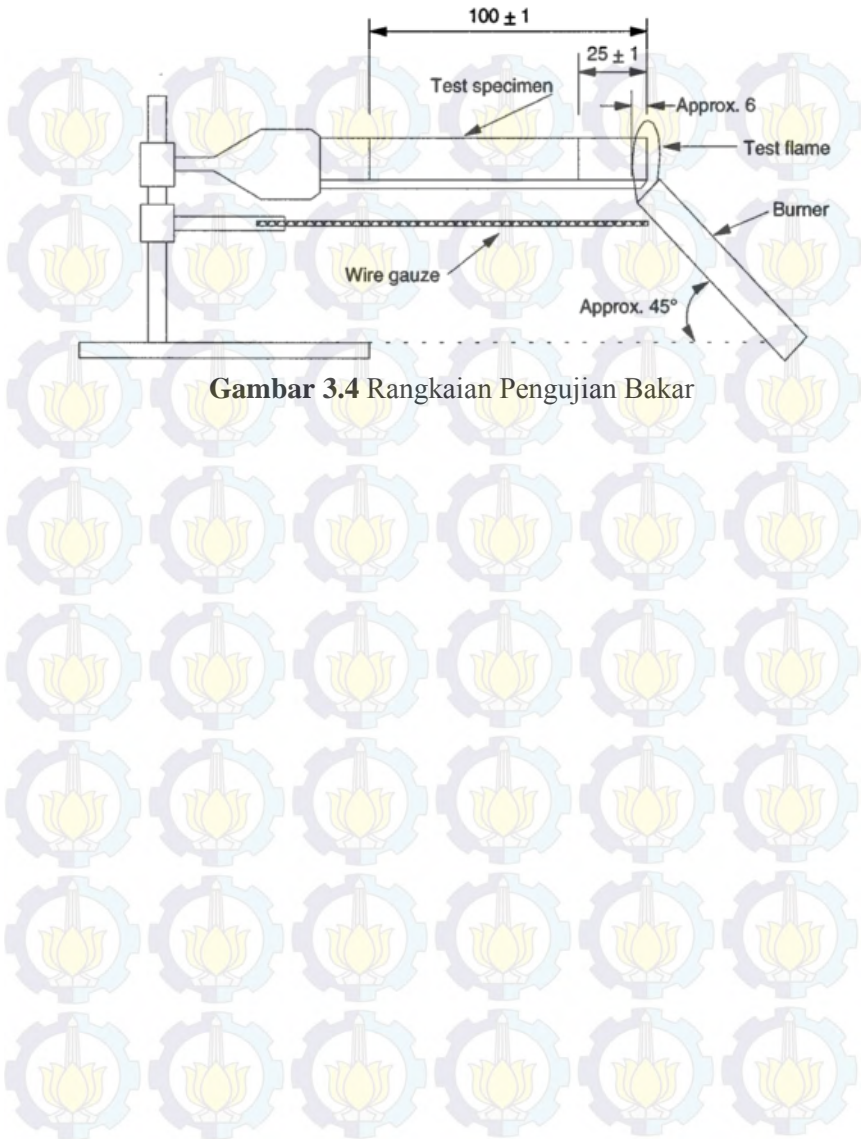
TGA (*Thermogravimetry Analysis*) adalah metode untuk menganalisis perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Spesimen akan dimasukkan ke dalam alat TGA, kemudian ditimbang massanya, selanjutnya dipanaskan hingga temperatur tertentu dengan kecepatan tertentu. Spesimen uji berbentuk kubus dengan dimensi maksimal 3x3x3 mm akan dipanaskan secara bertahap dan diukur seberapa banyak perubahan massanya seiring pertambahan temperatur. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM E1131.



Gambar 3.3 Alat Uji TGA

3.5.6.3 Pengujian Bakar

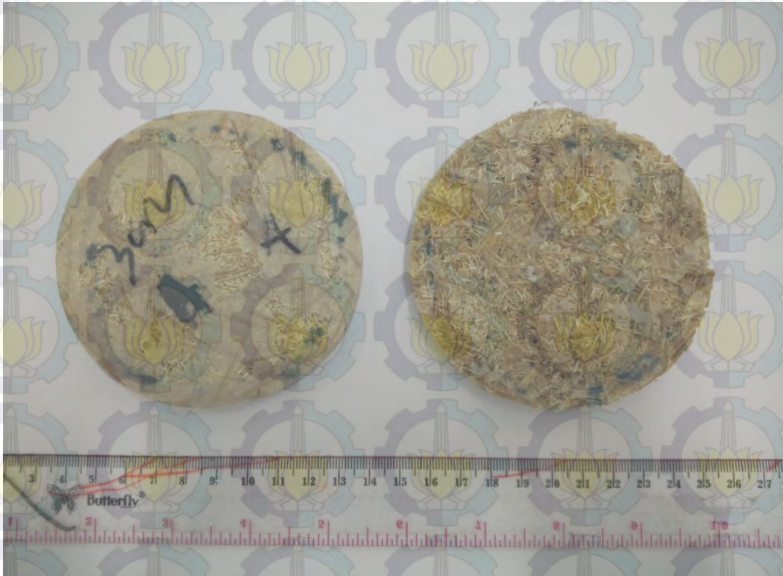
Uji ketahanan terhadap api berguna untuk mengetahui seberapa lama material tersebut dapat bertahan pada temperatur yang tinggi sebelum terbakar habis. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D635 dengan dimensi spesimen berbentuk balok ukuran 125x13x3 mm. Material akan dibakar dari ujungnya dan dicatat berapa waktu yang dibutuhkan sampai material tersebut habis terbakar atau hingga api padam.



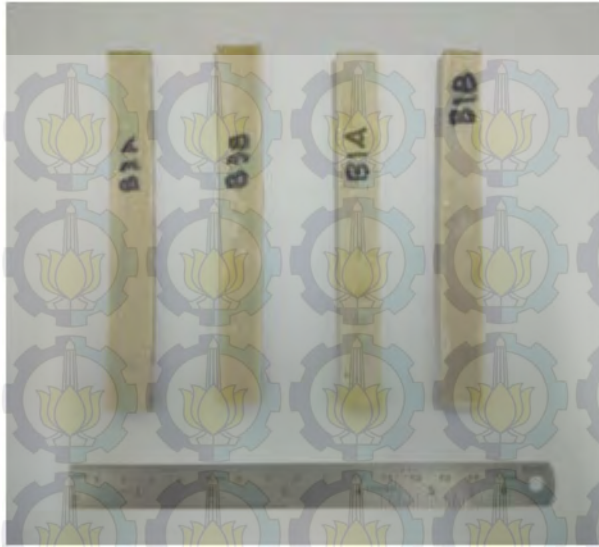
Gambar 3.4 Rangkaian Pengujian Bakar

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposit Poliester-Gipsum Berpenguat Ampas Tebu dan Bambu Betung



Gambar 4.1 Spesimen Uji Absorpsi Suara



Gambar 4.2 Spesimen Uji Bakar

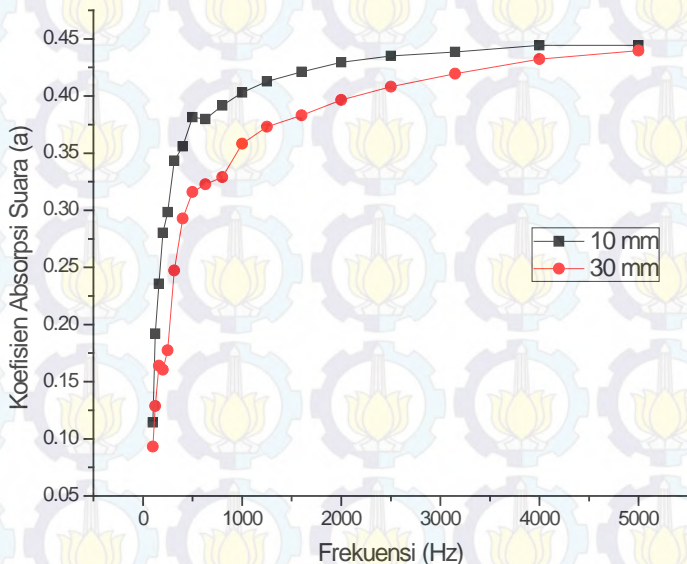
Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan spesimen komposit T/B-P/G untuk uji absorpsi suara dan uji bakar yang telah dilepas dari cetakan. Bentuk permukaannya halus dan warnanya putih kekuningan dengan adanya serat membuat corak tersendiri.

4.2 Koefisien Absorpsi Suara dari Komposit T/B-P/G

Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Akustik Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Metode yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan standar ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Perangkat yang digunakan dalam pengujian ini meliputi : dua *microfon*, *amplifier*, tabung impendansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Cara kerjanya, spesimen diletakkan didalam tabung impendansi dengan posisi melintang dengan disangga plastisin. Kemudian mensetting frekuensi yang ingin dikeluarkan oleh *sound source*. Gelombang yang datang akan

diterima oleh mikrofon 1, diserap oleh permukaan spesimen, dan ditangkap kembali oleh mikrofon 2. Hasil dari gelombang yang datang dan tertangkap oleh mikrofon kemudian dianalisa untuk mendapatkan *Frequency Response Function*. Perhitungan nilai koefisien absprsi suara menggunakan perangkat lunak *Pulse v6*. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Dari data yang didapat, perilaku absorpsi suara pada komposit dapat dianalisa. Semakin besar nilai α , maka penyerapan dan redaman bunyinya semakin baik. Nilai α berkisan antara 0 hingga 1. Jika α bernilai 0, berarti bunyi tidak diserap sedangkan. Jika α bernilai lebih dari 0 tetapi kurang dari 1, berarti sebagian bunyi diserap dan sebagian dipantulkan atau diteruskan. Jika α bernilai 1, berarti bunyi diserap seluruhnya.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Frekuensi	Koefisien Absorpsi (α)	
	10 mm	30 mm
100	0.114396	0.093254
125	0.191959	0.12861
160	0.235629	0.163874
200	0.280175	0.160448
250	0.298336	0.17739
315	0.343329	0.247236
400	0.355983	0.29286
500	0.381454	0.315898
630	0.379832	0.322792
800	0.391704	0.328937
1000	0.40307	0.358314
1250	0.412739	0.373024
1600	0.421243	0.383173
2000	0.429404	0.396453
2500	0.434983	0.408158
3150	0.438652	0.41958
4000	0.444444	0.432324
5000	0.444444	0.439699

Tabel 4.1 menunjukkan data hasil pengujian koefisien absorpsi suara. Dapat dilihat dari hasil pengujian komposit T/B-P/G, nilai koefisien absorpsi suara berbeda pada pada setiap frekuensi. Hal tersebut dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi.

Menurut Koizumi *et al.* (2002), semakin kecil ukuran fiber maka absorpsi suaranya akan semakin baik. Berdasarkan hasil di atas, terlihat secara keseluruhan bahwa absorpsi suara pada komposit dengan serat bambu 10 mm lebih baik daripada 30 mm. Hal tersebut karena untuk mencapai kerapatan volume yang sama, serat dengan ukuran kecil membutuhkan jumlah lebih banyak daripada serat berukuran besar, sehingga menghasilkan

jalan berliku dan resistensi aliran udara yang lebih tinggi pada bagian yang dilewati oleh gelombang suara.

Menurut Koizumi *et al.* (2002), semakin rapat suatu material maka penyerapan suara pada frekuensi menengah dan tinggi akan semakin tinggi. Pada hasil di atas terlihat komposit dengan serat bambu 10mm lebih baik penyerapannya daripada 30mm. Hal ini karena persebaran bambu 10mm lebih merata daripada 30mm. Pada 30mm, serat bambu akan saling bertumpuk, sehingga meninggalkan celah di daerah lain dan berakibat berkurangnya gesekan permukaan pada bagian yang dilewati oleh gelombang suara.

Menurut Kyoichi *et al.* (1999) dan Norang *et al.* (1995), semakin luas area permukaan dari serat, maka penyerapan suara secara keseluruhan akan semakin baik. Pada hasil di atas terlihat komposit dengan serat bambu 10mm lebih baik penyerapannya daripada 30mm. Hal ini karena apabila suatu benda memiliki volume yang sama, akan tetapi berbentuk potongan yang lebih kecil, maka benda tersebut akan memiliki luas area permukaan yang lebih besar daripada benda aslinya yang masih utuh, sehingga gesekan pada permukaan lebih besar akan menghasilkan penyerapan suara lebih baik.

Menurut Randall F. Barron (2003), semakin banyak porositas serat pada suatu material, maka penyerapan suara pada frekuensi tinggi akan semakin baik. Akan tetapi pada hasil di atas, komposit dengan panjang serat bambu 30mm tidak lebih baik daripada 10mm. Hal tersebut dikarenakan komposit dengan serat 10mm memiliki keunggulan lebih pada aspek yang lain. Walaupun begitu, komposit dengan serat 30mm mengecilkan perbedaan nilai penyerapan suara dengan serat 10mm pada frekuensi diatas 800Hz.

Berdasarkan standard iso 11654:1997 kedua material memenuhi persyaratan minium dan dapat diklasifikasikan sebagai material absopsi suara kelas D.

4.3 Ketahanan Bakar dan Stabilitas *Thermal*

Dari pengujian ketahanan bakar yang telah dilakukan berdasarkan ASTM D635, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Bakar T/B-P/G

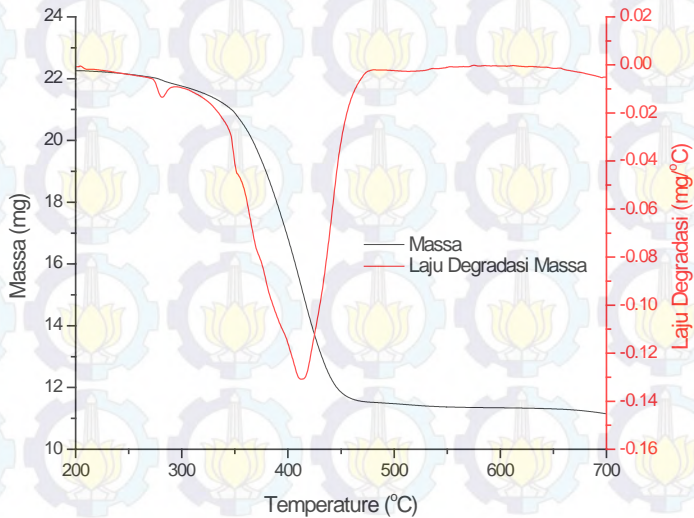
Spesimen	Waktu Terbakar (detik)	Jarak Terbakar (mm)	Rata - rata Kecepatan Bakar (mm/detik)
B1A	888	75	0.084
B1B	876	75	0.086
B1C	945	75	0.079
B3A	986	75	0.076
B3B	794	75	0.094
B3C	839	75	0.089
BPA	344	75	0.218
BPB	336	75	0.223
BPGA	992	75	0.076
BPGB	1001	75	0.075

Berdasarkan hasil pengujian, ketahanan bakar pada material tidak ditentukan oleh panjang pendeknya serat, akan tetapi lebih kepada material penyusunnya. Hal tersebut terbukti dari hasil pengujian yang fluktuatif tetapi tidak berbeda jauh antara spesimen komposit dengan panjang serat bambu 1cm (B1A, B1B, B1C) dan 3cm (B3A, B3B, B3C). Berbeda sedikit dengan poliester-gipsum (BPGA dan BPGB), tetapi berbeda jauh dengan spesimen yang hanya terbuat dari poliester (BPA dan BPB).

Terdapat perbedaan antara hasil pembakaran spesimen T/B-P/G dan poliester-gipsum dengan spesimen poliester. Pada spesimen T/B-P/G dan poliester-gipsum, api pada bagian yang terlepas setelah terbakar langsung padam, akan tetapi pada

spesimen poliester, api tetap menyala (*after glow*) selama lebih kurang 6 detik sebelum padam.

Dari pengujian TGA yang telah dilakukan, diperoleh data sebagai berikut :

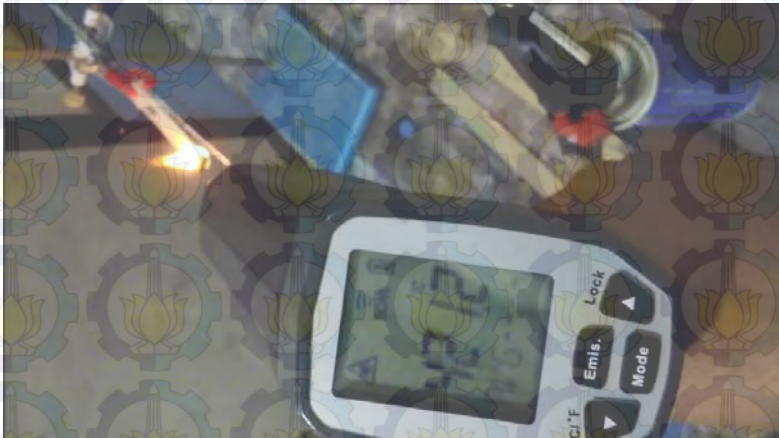


Gambar 4.4 Grafik Pengujian TGA T/B-P/G

Dari grafik terlihat temperatur awal pengujian ialah 200°C dan massa awal spesimen ialah 22.4680 mg. Pada temperatur 206.5 adalah permulaan dari degradasi massa spesimen secara tajam. Terlihat pada garis hitam yang mulai menurun drastis. Hal ini didukung oleh garis merah pada temperatur tersebut yang menunjukkan kecepatan degradasi sebesar -0.000906661 mg/°C, yaitu terbesar setelah penurunan pada temperatur sebelumnya. Pada temperatur sekitar 280-300°C terlihat adanya cekungan pada garis merah, hal itu menunjukkan adanya peningkatan degradasi massa yang terjadi karena degradasi pada serat. Menurut Nam (2011) serat alam akan

mengalami degradasi pada temperature 280-300°C. Setelah itu, kecepatan degradasi menurun kembali karena serat telah habis terdegradasi.

Kecepatan degradasi massa terus naik, hingga pada puncaknya yaitu pada temperatur 413.5°C sebesar -0.130787 mg/°C, dimana temperatur tersebut merupakan temperatur puncak spesimen sebelum terjadi perpindahan fasa. Hal tersebut dibuktikan saat pengujian bakar menggunakan *thermometer* tembak, temperatur spesimen berada di titik maksimal yang berkisar antara 410-440°C saat degradasi tersebut terjadi.



Gambar 4.5 Spesimen T/B-P/G saat temperatur permukaannya maksimal

Setelah titik temperatur maksimal, spesimen perlahan berubah menjadi abu yang menjadi akhir dari perubahan spesimen, sehingga kecepatan degradasi massanya menurun secara drastis hingga -0.00511219 mg/°C pada temperatur 697°C dan konstan hingga pengujian berakhir.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai koefisien absorpsi suara mengalami kenaikan dengan berkurangnya panjang serat bambu. Nilai α dari kedua jenis komposit lebih besar dari 0.3, sehingga telah memenuhi syarat sebagai material absorpsi sesuai standar ISO 11654:1997 dengan klasifikasi kelas D.
2. Kecepatan laju pembakaran tidak ditentukan oleh panjang pendeknya serat, tetapi sangat ditentukan oleh material penyusunnya. Rata - rata kecepatan laju pembakaran pada komposit T/B-P/G 10mm dan 30mm adalah 0.083 mm/detik dan 0.086 mm/detik.
3. Laju degradasi massa tercepat terjadi pada temperatur 413.5 °C yaitu 0.130787 mg/°C.

5.2 Saran

Saran penelitian selanjutnya :

1. Pembuatan spesimen sebaiknya memperhatikan penyusunan serat dan matriks agar didapat hasil yang lebih relevan dan menyeluruh.



DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988. **“Ilmu Biofisika** (terjemahan; Redjani, Abdulbasir)”, Surabaya: Airlangga University.
- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- Alldi, Nurisiantoro dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.**
- Asade F. 2013. **Perancangan Tabung Impedansi dan Kajian Eksperimental Koefisien Serap Bunyi Paduan Aluminium-Magnesium.** Jurnal Universitas Sumatra Utara.
- ASTM D635-14. **Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position.** ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.
- ASTM-E1050-98. **Standard test method for impedance and absorption of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.** ASTM Subcommittee E33.01.
- ASTM E1131-08(2014), **Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry,** ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.
- Balaji,A, B.Karthikeyan, dan Sundar Raj.2014. “Bagasse Fiber-The Future Biocomposite Material : A Review”. **International Journal of ChemTech Research.** 7 :223-233.
- Bruel & Kjaer.1986.**Noise Control Principles and Practices 2nd Edition.** Denmark: Naerum Offset.

- Callister, William D, Jr. 2008. **Materials Science and Engineering : An Introduction 8th Edition**. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Casey, J.P., 1980. **Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Vol I: Pulping and Bleaching Third Edition**. Wild Interscience Publication. New York.
- Chawla, Krishan K. 2012. **Composite Materials 3rd Edition**. New York : Springer.
- Chung, Deborah D.L.. 2010. **Composite Materials : Science and Applications 2nd Edition**. London : Springer-Verlag London Limited.
- Doelle, L. L. 1972. **Akuistik Lingkungan**. Jakarta: Erlangga.
- Egan. M. David.1972. **Concept in Architectural Acoustic**. New York : Mc Graw-Hill Book Company.
- Farid, M., T. Heriyanto, 2013. Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials. **Advanced Materials Research**. Vol. 789, pp. 269-273.
- Farid, M., H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre. **Advanced Materials Research**. Vol.1112, pp. 329-332.
- Gay, Daniel.2015. **Composite Materials : Design and Applications 3rd Edition**. Boca Raton: CRC Press.
- Giancoli D.C., 1998. **Fisika**, Penterjemah Yuhilsa Hanum. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Gibson, R. F. 1994. **Principles of Composite Material**. New York: McGraw-Hill Inc.
- Hartomo, A.J., A. Rusdiharsono, dan D. Hardjanto. 1992. **Memahami Polimer dan Perekat**. Yogyakarta : Andi Offset.
- Haygreen, J. G. dan J. L. Bowyer. 1996. **Hasil Hutan dan Ilmu Kayu**, Terjemahan. Gadjah Mada University: Yogyakarta.

- Jayaraman, Kannan. 2011. "Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens". **Thesis Faculty of North Carolina State University. USA.**
- Jones, Robert M. 1999. **Mechanics of Composite Materials 2nd Edition.** Philadelphia : Taylor and Francis, Inc.
- K. van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2001. **Natural Fibre Composites Structures and Materials.** Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- Kaw, Autar K. 2006. **Mechanics of Composite Materials 2nd Edition.** New York : Taylor and Francis, Inc.
- Kyoichi Watanabe, Yoshiaki Minemura, Kouichi Nemoto and Hiroshi Sugawara. Development Of High Performance All Polyester Sound Absorbing Materials. **JSAE Review** 20, 1999, 357-362.
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers. **AUTEX Research Journal.** Vol. 3, No.2.
- Liese, W. 1980. **Preservation of Bamboo,** in Lessard, G. & Chouinard, A.: **Bamboo Research in Asia,** pp.165-172, Canada : IDRC.
- Lubis A. 2012. **Isolasi Lignin dari Lindi Hitam (Black Liquor) Proses Pemasakan Pulp Soda Dan Pulp Sulfat (Kraft).** **Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.**
- M. David Egan.1972. **Concept in Architectural Acoustic.** New York : Mc Graw-Hill Book Company.
- Mediastika, E Christina. 2009. **Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan.** Yogyakarta.
- Nurhusaeni, M. 2011. **Gelombang Transversal.** Jakarta : Erlangga.
- Okubo, Kazuya, Toru Fujii, dan Yuzo Yamamoto. 2014. "Development of Bamboo-based Polymer Composite and their Mechanical Properties". **Composite Part A.** 35 : 377-385.
- Randall F. Barron. 2003. **Industrial Noise Control and Acoustics.** New York: Marcel Dekker.

- Resnick R., dan Halliday D., 1992. **Fisika**, Penterjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Repository.usu.ac.id,2008, diakses pada tanggal 22 September 2014.
- Schwartz, M.M. 1984. **Composite Materials Handbook**. New York: McGraw-Hill Inc.
- Sperling, L.H, 2006. **Introduction to Physical Polymer Science**. New York : John Wiley and Sons.
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya**.
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya : ITS Press.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. **Pengetahuan Bahan Teknik**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sutrisno, 1988. **Gelombang Dan Optik, Seri Fisika Dasar Jilid 2**. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- T. Koizumi, N. Tsujiuchi and A. Adachi. 2002. **The Development Of Sound Absorbing Materials Using Natural Bamboo Fibers, High Performance Structure And Composites Book**. WIT Press.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

Perbandingan volume serat : volume gipsum = 30%:70%

Mencari massa jenis serat

$$p_2 = \frac{w_1 \times p_w}{w_2 - (w_3 - ww)}$$

Keterangan :

p_2 = massa jenis serat ampas tebu (gr/cm^3)

p_w = massa jenis air (gr/cm^3)

w_1 = massa kering (gr)

w_2 = massa basah (gr)

w_3 = massa dalam air (gr)

ww = massa benang dan timbangan

Mencari massa jenis serat ampas tebu

Diketahui :

$$p_w = 1 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$w_1 = 1 \text{ gr}$$

$$w_2 = 4,36 \text{ gr}$$

$$w_3 = 0,135 \text{ gr}$$

Asumsi : timbangan dapat dinetralkan, sehingga $ww=0$

$$p_2 = \frac{1 \times 1}{4,36 - (0,135)}$$

$$p_2 = 0,237 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

Mencari massa jenis serat bambu betung

Diketahui :

$$p_w = 1 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$w_1 = 1 \text{ gr}$$

$$w_2 = 4,36 \text{ gr}$$

$$w_3 = 0,135 \text{ gr}$$

Asumsi : timbangan dapat dinetralkan, sehingga $w_w=0$

$$\rho_2 = \frac{1 \times 1}{4,07 - (0,117)}$$

$$\rho_2 = 0,253 \text{ gr/cm}^3$$

Diketahui :

Massa jenis gipsum = $2,32 \text{ gr/cm}^3$

Dimensi cetakan berdasarkan standar yang telah ditentukan pada metodologi.

Mencari volume masing-masing cetakan :

- Cetakan Uji Bakar

$$V = 125 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$$

$$= 4875 \text{ mm}^3 = 4,875 \text{ cm}^3$$

- Cetakan Uji Koefisien Absorpsi

$$V = \pi r^2 t = \pi (50\text{mm})^2 \times 10\text{mm}$$

$$= 78500 \text{ mm}^3$$

$$= 78,5 \text{ cm}^3$$

Fraksi Volume Serat

- Uji Bakar

$$30\% \times \text{Volume cetakan} = 30\% \times 4,875 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 1,463 \text{ cm}^3$$

Massa serat ampas tebu

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,237 \text{ gr/cm}^3 \times 1,463 \text{ cm}^3 \\ = 0,347 \text{ gr}$$

Massa serat bambu betung

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 1,463 \text{ cm}^3 \\ = 0,370 \text{ gr}$$

- Uji Absorpsi Suara

$$30\% \times \text{Volume cetakan} = 30\% \times 78,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 23,55 \text{ cm}^3$$

Massa serat ampas tebu

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,237 \text{ gr/cm}^3 \times 23,55 \text{ cm}^3 \\ = 5,581 \text{ gr}$$

Massa bambu betung

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 23,55 \text{ cm}^3 \\ = 5,958 \text{ gr}$$

Fraksi Volume Gypsum

- Uji Bakar

$$21\% \times \text{Volume cetakan} = 21\% \times 4,875 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 1,024 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 1,024 \text{ cm}^3 \\ = 2,375 \text{ gr}$$

- Uji Absorpsi Suara

$$21\% \times \text{Volume cetakan} = 21\% \times 78,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 16,485 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

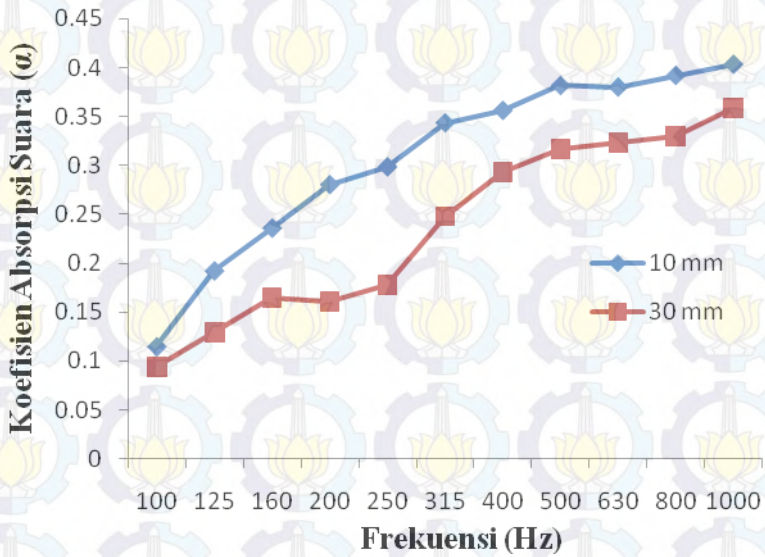
$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 16,485 \text{ cm}^3 \\ = 38,245 \text{ gr}$$

Fraksi Volume Poliester

- 49% x Volume cetakan

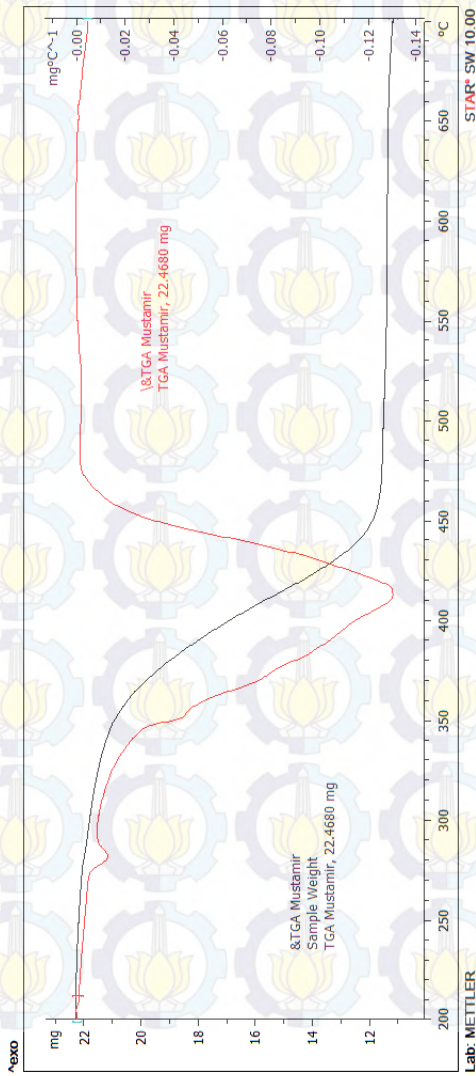
LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

Hasil Pengujian Absorpsi Suara
Komposit T/B-P/G



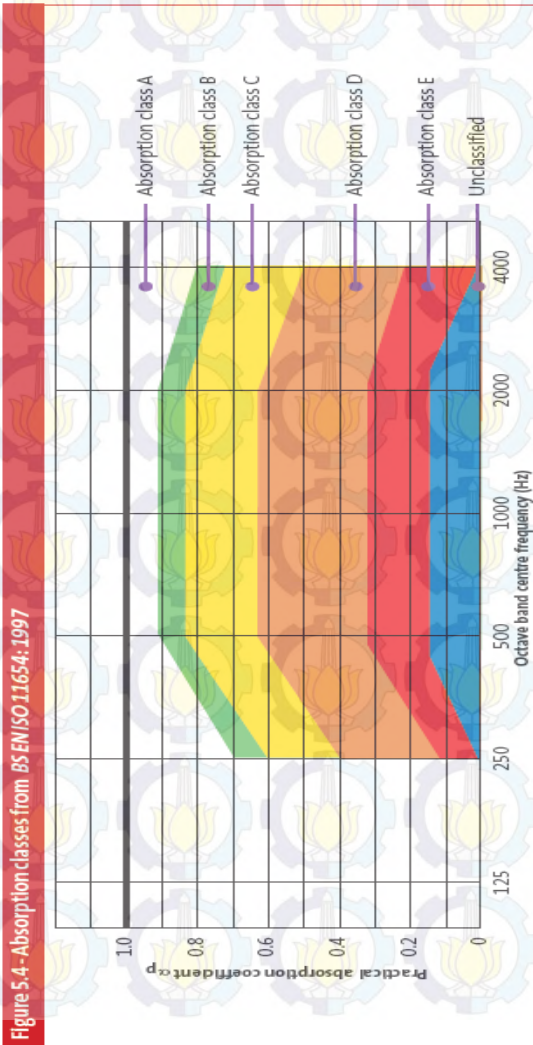
Frekuensi	Koefisien Absorpsi (α)	
	10 mm	30 mm
100	0.114396	0.093254
125	0.191959	0.12861
160	0.235629	0.163874
200	0.280175	0.160448
250	0.298336	0.17739
315	0.343329	0.247236
400	0.355983	0.29286
500	0.381454	0.315898
630	0.379832	0.322792
800	0.391704	0.328937
1000	0.40307	0.358314

Hasil Pengujian TGA



LAMPIRAN C
STANDARDISASI

ISO 11654:1997



LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENELITIAN





BIODATA PENULIS



Penulis bernama Mustamir Abdillah, lahir di Balikpapan pada tahun 1993. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Pendidikan yang penulis tempuh bermula dari TK Dewi Kania, (1997-1999), SD Asy-Syifa Bandung (1999-2001), SD Nasional KPS Balikpapan (2001-2005), SMP Nasional KPS Balikpapan (2005-2008), SMA Negeri 1 Balikpapan (2008-2011), dan dari 2011 sampai sekarang di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya. Penulis melakukan kerja praktek di PT. Cilegon Fabricators, Cilegon, Banten. Penulis mengambil studi pada bidang material inovatif khususnya material polimer dan komposit untuk tugas akhir di jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email yang dapat dihubungi yaitu mustamir11@gmail.com