



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - 184834**

**ANALISA ABSORPSI SUARA DAN PENYERAPAN  
GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT SILICONE  
RUBBER BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT  
DOPPING Zn NANOSULFAT DAN SERAT  
BAMBU BETUNG**

ULA CHARIR ANJANI  
NRP. 02511540000113

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Vania Mitha Pratiwi, ST.MT

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



**TUGAS AKHIR - 184834**

**ANALISA ABSORPSI SUARA DAN PENYERAPAN  
GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT SILICONE  
RUBBER BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT  
DOPPING Zn NANOSULFIDA DAN SERAT  
BAMBU BETUNG**

ULA CHARIR ANJANI  
NRP. 02511540000113

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

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*(Halaman Ini Sengaja Dikосongkan)*



**FINAL PROJECT - 184834**

**ANALIZATION OF SOUND ABSORPTION AND  
ABSORPTION OF MICROWAVE SILICONE  
RUBBER COMPOSITE REINFORCED BY BARIUM  
HEXAFERRITE DOPPING BY Zn  
NANOCELLULOSE AND BAMBOO FIBER**

ULA CHARIR ANJANI  
NRP. 0251154000113

Advisors  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*(Halaman Sengaja Dikosongkan)*

**ANALISA ABSORPSI SUARA DAN PENYERAPAN  
GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT SILICONE RUBBER  
BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT DOPPING Zn  
NANOSELULOSA DAN SERAT BAMBU BETUNG**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**ULA CHARIR ANJANI**  
NRP. 0251154000113

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Moh. Farid, DEA..... (Pembimbing I)
2. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T..... (Pembimbing II)



SURABAYA  
Juli 2019

**ANALISA ABSORPSI SUARA DAN PENYERAPAN  
GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT *SILICONE RUBBER*  
BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT *DOPPING Zn*,  
NANOSELULOSA DAN SERAT BAMBUN BETUNG**

**Nama** : Ula Charir Anjani  
**NRP** : 02511540000113  
**Departemen** : Teknik Material FTI-ITS  
**Pembimbing** : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T

**Abstrak**

*Material komposit sebagai material penyerap suara dan material anti radar telah banyak dikembangkan. Salah satu bahan yang digunakan untuk membuat material anti radar adalah Barium Heksaferit yang merupakan material magnetik. Penelitian ini menggunakan silicone rubber sebagai matriks, serat bambu betung, nanoselulosa dan barium heksaferrit sebagai filler. Variabel pada penelitian ini adalah penambahan fraksi massa komposisi serat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap nilai STC, penyerapan gelombang mikro dan morfologi komposit. Pengujian yang dilakukan yaitu uji morfologi, uji densitas, uji sound transmission class (STC) dan uji vector network analyzer (VNA). Nilai STC tertinggi yaitu pada komposit Silicone rubber + 3% nanoselulosa + 10% BaM dapat menyerap 45 dB pada frekuensi 3000 Hz dan memiliki rata-rata STC sebesar 16. Nilai penyerapan gelombang elektromagnetik tertinggi pada komposit Silicone rubber + 3% nanoselulosa + 10% BaM sebesar -28.09 dB pada frekuensi 10.38 GHz*

**Kata kunci** : *Bambu Betung, Barium Heksaferit. Nanoselulosa, Silicone Rubber.*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**ANALIZATION OF SOUND ABSORPTION AND  
ABSORPTION OF MICROWAVE OF SILICONE  
RUBBER COMPOSITE REINFORCED BY BARIUM  
HEXAFERRITE DOPPING BY Zn NANOCELULOSA  
AND BAMBOO FIBER**

**Name** : Ula Charir Anjani  
**NRP** : 02511540000113  
**Department** : Teknik Material FTI-ITS  
**Advisors** : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T

**Abstract**

*Composite material as a sound absorbing material and anti-radar material has been widely developed. One of the materials used to make anti-radar material is Barium Hexaferrite which is a magnetic material. This study uses a silicone rubber as a matrix, bamboo betung fiber, nanocellulose and barium hexaferrite as fillers. The variable in this study is the addition of the mass fraction of the composition of the fiber. The purpose of this study was to analyze the effect of fiber composition on STC values, microwave absorption and composite morphology. Tests carried out were morphological test, density test, STC test and VNA test. The highest STC value is in the composite Silicone rubber + 3% nanocellulose + 10% BaM can absorb 45 dB at a frequency of 3000 Hz and has an average STC of 16. The highest absorption value of electromagnetic waves on composite Silicone rubber + 3% nanocellulose + 10% baM at -28.09 dB at the frequency of 10.38 GHz.*

**Keywords:** *Bamboo Betung, Barium Hexaferrit, Nanocelulosa, Silicone rubber.*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISA ABSORPSI SUARA DAN PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT *SILICONE RUBBER* BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT *DOPPING Zn* NANOSELULOSA DAN SERAT BAMBU BETUNG**”.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayahNya selama melakukan penelitian serta memberi kesehatan keselamatan dan kelancaran dalam melakukan penelitian
2. Keluarga, terutama Ibu atas semua doa, dukungan moriil dan materiil, pengertian dan cinta yang telah diberikan selama ini.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
4. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing dan Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku dosen *co*-pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr Eng Hosta Ardhyananta ST., M.sc selaku Kaprodi Departemen Teknik Material FTI – ITS.
6. Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku dosen wali yang selalu sabar dan mengayomi dari awal perkuliahan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, 20 Juni 2019

Penulis

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Material Komposit .....	5
2.1.1 Pengertian Komposit.....	5
2.1.2 Klasifikasi Komposit.....	6
2.1.3 Penguat Komposit.....	9
2.1.4 Matriks.....	10
2.2 Serat Alam .....	10
2.2.1 Pengertian Serat Alam .....	10
2.2.2 Serat Alam Sebagai Penguat Komposit.....	10
2.2.3 Bambu Betung .....	11
2.2.4 Selulosa.....	12
2.2.5 Nanoselulosa.....	13
2.3 <i>Silicone Rubber</i> .....	13
2.4 Gelombang dan Bunyi .....	15
2.4.1 Pengertian Gelombang.....	15
2.4.2 Pengertian Bunyi .....	17
2.5 Material Akustik.....	18
2.6 Bahan Absorpsi Suara .....	19
2.7 <i>Sound Transmission Loss</i> .....	20
2.7.1 Cara Pengujian STC .....	21

2.8 Barium M-Heksaferrit (BAM) .....	23
2.9 Radar .....	24
2.10 Material Penyerap Radar ( <i>Radar Absorbing Material</i> ) .....	25
2.11 Hukum Pencampuran .....	26
2.12 Penelitian Terdahulu .....	27

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Metode Penelitian .....	41
3.1.1 Diagram Alir Penelitian .....	41
3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferrit .....	42
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian .....	43
3.2.1 Bahan Penelitian .....	43
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	48
3.3 Variabel Penelitian .....	54
3.4 Rancangan Penelitian .....	54
3.5 Metode Penelitian .....	54
3.5.1 Persiapan Bahan .....	54
3.5.1.1 Pengolahan Serat .....	55
3.5.1.2 Pengolahan Matriks .....	55
3.5.1.3 Sintesis Barium M-Heksaferrit .....	55
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan .....	57
3.5.1.5 Pembuatan Komposit .....	57
3.5.2 Proses Pengujian .....	58
3.5.2.1 Pengujian STC .....	58
3.5.2.2 Pengujian <i>Scanning Electron</i> <i>Microscope</i> (SEM) .....	61
3.5.2.3 Pengujian Densitas .....	63
3.5.2.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> <i>Spectroscopy</i> (FTIR) .....	64
3.5.2.5 Pengujian VNA .....	66

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pengujian XRD Barium M-Heksaferrit .....	69
4.2 Hasil Pengujian FTIR Serat Bambu Betung .....	70
4.3 Analisa Morfologi Komposit .....	73
4.3.1 Hasil Pengujian SEM Komposit .....	73
4.4.2 Hasil Pengujian FTIR Komposit .....	75

4.4 Hasil Pengujian VNA .....	79
4.5 Hasil Pengujian STC.....	81
4.6 Hasil Pengujian Densitas .....	84
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran .....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>89</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>95</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH .....</b>	<b>117</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>119</b>

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Klasifikasi Material Komposit .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Komposit Serat.....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Komposit Laminat.....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Komposit Partikel.....	8
<b>Gambar 2.5</b>	Rantai Utama Polidimetilsiloksan .....	14
<b>Gambar 2.6</b>	Gelombang Transversal.....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Gelombang Longitudinal.....	16
<b>Gambar 2.8</b>	Material Penyerap Berpori .....	20
<b>Gambar 2.9</b>	Ilustrasi <i>Sound Transmission Loss</i> .....	21
<b>Gambar 2.10</b>	Proses Terjadinya <i>Sound Transmission Loss</i> Pada Material Akustik .....	22
<b>Gambar 2.11</b>	Tabung Impedensi Untuk Pengukuran <i>Sound</i> <i>Transmission Loss</i> .....	23
<b>Gambar 2.12</b>	Gelombang Elektromagnetik .....	25
<b>Gambar 2.13</b>	Hasil XRD BaM Penelitian Sebelumnya .....	29
<b>Gambar 2.14</b>	Hasil SEM Komposit Penelitian Sebelumnya ...	31
<b>Gambar 2.15</b>	Hasil SEM Komposit Penelitian Sebelumnya ...	33
<b>Gambar 2.16</b>	Hasil FTIR <i>Silicone Rubber</i> .....	35
<b>Gambar 2.17</b>	Hasil FTIR Nanoselulosa .....	37
<b>Gambar 2.18</b>	Hasil FTIR BaM.....	38
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	41
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram Alir Sintesa BaM .....	42
<b>Gambar 3.3</b>	Serat Bambu Betung.....	43
<b>Gambar 3.4</b>	Nanoselulosa .....	43
<b>Gambar 3.5</b>	NaOH.....	44
<b>Gambar 3.6</b>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	44
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Silicone Rubber</i> RTV 585.....	45
<b>Gambar 3.8</b>	Katalis Bluesil .....	45
<b>Gambar 3.9</b>	NaCl.....	46
<b>Gambar 3.10</b>	Hexane .....	46
<b>Gambar 3.11</b>	BaCO <sub>3</sub> .....	47
<b>Gambar 3.12</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	47
<b>Gambar 3.13</b>	Serbuk Zn.....	48

<b>Gambar 3.14</b>	Alkohol.....	48
<b>Gambar 3.15</b>	Timbangan Digital.....	49
<b>Gambar 3.16</b>	<i>Planetary Ball Mill</i> .....	49
<b>Gambar 3.17</b>	<i>Vacum Furnace</i> .....	50
<b>Gambar 3.18</b>	<i>Hot Plate dan Stirrer</i> .....	51
<b>Gambar 2.19</b>	Alat <i>Sieving</i> .....	51
<b>Gambar 3.20</b>	Alat Uji SEM.....	52
<b>Gambar 3.21</b>	Alat Uji Densitas .....	52
<b>Gambar 3.22</b>	Alat Uji STC .....	53
<b>Gambar 3.23</b>	Alat Uji VNA .....	53
<b>Gambar 3.24</b>	Pencampuran Bahan Barium Heksaferrit.....	56
<b>Gambar 3.25</b>	Prekursor BaM .....	56
<b>Gambar 3.26</b>	BaM yang Sudah Kalsinasi .....	57
<b>Gambar 3.27</b>	Spesimen komposit (A) uji STC (B) uji VNA dan (C) uji SEM.....	58
<b>Gambar 3.28</b>	Dimensi Spesimen Uji STC.....	59
<b>Gambar 3.29</b>	Rangkaian Alat Uji STC.....	59
<b>Gambar 3.30</b>	Dimensi Spesimen SEM.....	61
<b>Gambar 3.31</b>	Prinsip Kerja SEM .....	62
<b>Gambar 3.30</b>	Skema Uji FTIR .....	65
<b>Gambar 3.31</b>	<i>Vector Network Analyzer (VNA)</i> .....	67
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn.....	63
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil FTIR Serbuk Bambu Betung Sebelum dan Sesudah Alkalisasi .....	65
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil SEM pada Komposit Variasi 1 (3% Nano + 10% BaM) (A) perbesaran 130x dan (B) perbesaran 200x .....	74
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Pengujian SEM Pada Komposit Variasi 3 (3% Nano + 10% BaM + 10% Bambu) (A) Perbesaran 135x dan (B) Perbesaran 130x.....	74
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Uji FTIR Komposit <i>Silicone Rubber/</i> <i>Nanoselulosa/ Bambu betung/ BaM</i> .....	76
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Hasil Uji VNA .....	80
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Nilai Transmission Loss Komposit .....	83

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Klasifikasi Nilai STC (ASTM) .....	18
<b>Tabel 2.2</b> Tabel Sifat Material Barium M-Heksaferrit .....	19
<b>Tabel 2.3</b> Daerah Serapan Infra Merah <i>Silicone Rubber</i> Berpori.....	36
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian.....	46
<b>Tabel 4.1</b> Daerah Serapan <i>Infrared</i> Serat Bambu Betung .....	67
<b>Tabel 4.2</b> Daerah Serapan <i>Infrared</i> Komposit .....	77
<b>Tabel 4.3</b> Nilai <i>Sound Transmission Loss</i> pada Komposit.....	82
<b>Tabel 4.4</b> Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Nilai Densitas .....	84

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki, kebisingan yaitu bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KepMenLH No.48 Tahun 1996) atau semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (KepMenNaker No.51 Tahun 1999). Untuk mengetahui suatu kebisingan yang muncul di jalan raya telah memasuki tahap polusi kebisingan, maka kebisingan yang muncul dapat diukur dengan penunjuk atau indeks polusi kebisingan (LNP). LNP yang bisa diterima adalah dibawah 74 dB. Sementara untuk range 74-88 dB pada umumnya tidak dapat diterima.

Teknologi *stealth* merupakan salah satu perkembangan teknologi dibidang pertahanan yang bertujuan untuk meminimalisir respon dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar, sehingga posisi suatu benda tidak terdeteksi. Kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik atau radar dinamakan dengan *Radar Absorbing Material* (RAM) yang terdiri dari dari dua bahan utama yaitu material magnetik (Barium M-Heksaferrit) dan material dielektrik. Teknologi RAM dibidang pertahanan biasa diaplikasikan pada pesawat atau kapal anti-radar (*stealth*) yaitu dengan melapisi bagian luar badan pesawat atau kapal dengan RAM. Sehingga gelombang radar yang mengenai bagian luar pesawat akan diserap oleh RAM tersebut.

Penyerap suara atau absorber suara adalah salah satu bahan yang dapat menyerap energi suara dari sumber suara. Adapun jenis bahan penyerap suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang

sering dipakai untuk mengurangi kebisingan pada ruang yang sempit. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis penyerap suara yang lain. Pada perkembangannya, telah dikembangkan berbagai material komposit dari serat alam yang digunakan sebagai material penyerap suara. Komposit serat alami merupakan salah satu alternatif bahan absorber suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan.

Selain itu, saat ini juga dikembangkan material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM). Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk membuat material anti radar adalah Barium Heksaferit yang mana merupakan material magnetik. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dibuat komposit silicone rubber dengan filler serat bambu dan nanoselulosa dengan menambahkan material Barium Heksaferit yang diharapkan dapat memberikan sifat magnetik yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu perlu disintesis dan dikaji lebih lanjut mengenai komposit silicone rubber berpenguat Barium Heksaferit dengan serat mikro bambu dan nanoselulosa. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh komposisi serat dan Barium Heksaferit terhadap nilai absorpsi suara dan nilai penyerapan gelombang mikro.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat bambu mikro dan nanoselulosa terhadap nilai absorpsi suara komposit *silicone rubber*/serat bambu betung/nanoselulosa/barium heksaferit?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat bambu mikro dan nanoselulosa terhadap gelombang mikro komposit *silicone rubber*/serat bambu betung/nanoselulosa/barium heksaferit?
3. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat bambu mikro dan nanoselulosa terhadap morfologi komposit

---

*silicone rubber*/serat bambu betung/nanoselulosa/barium heksaferit?

### 1.3 Batasan Masalah

1. Pengotor pada saat penelitian dianggap tidak ada.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi *filler* dianggap merata.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh variasi penambahan serat bambu betung dan nanoselulosa terhadap nilai absorpsi suara komposit *silicone rubber*/serat bambu mikro/nanoselulosa/barium heksaferit.
2. Menganalisa pengaruh variasi penambahan serat bambu betung dan nanoselulosa terhadap gelombang mikro komposit *silicone rubber*/serat bambu mikro/nanoselulosa/barium heksaferit.
3. Menganalisa pengaruh variasi penambahan serat bambu betung dan nanoselulosa terhadap morfologi komposit *silicone rubber*/serat bambu mikro/nanoselulosa/barium heksaferit.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan kombinasi *silicone rubber*/serat bambu betung /nanoselulosa/barium heksaferit sebagai bahan dasar material penyerap suara dan penyerap gelombang mikro.
  2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
  3. Memberikan pengetahuan mengenai morfologi, nilai koefisien absorpsi suara dan gelombang elektromagnetik komposit *silicone rubber*/serat bambu
-

- 
- betung/nanoselulosa/barium heksaferit .
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

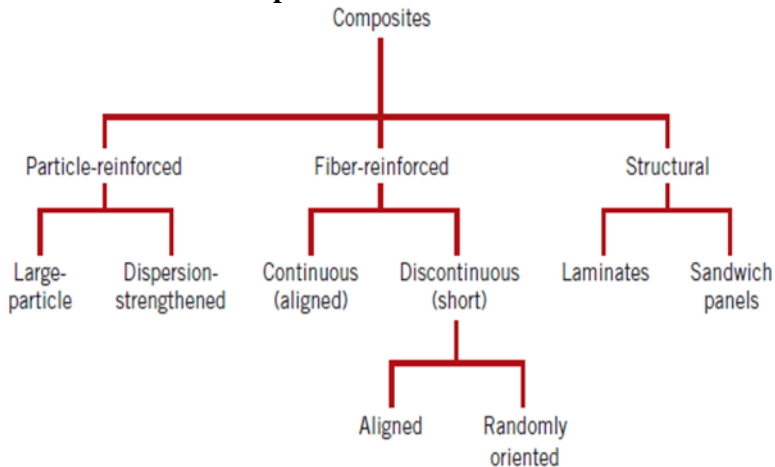
##### **2.1.1 Pengertian Komposit**

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Komposit pada dunia industri merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang diturunkan dari minyak bumi ataupun bahan alam lainnya seperti karet dan serat). Dapat dikatakan bahwa komposit adalah gabungan antara bahan matrik atau pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat dibentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain (Surdia, 1992).

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan terhadap keausan (Bishop dan Smallman, 2000).

### 2.1.2 Klasifikasi Komposit



**Gambar 2.1** Klasifikasi Material Komposit  
(Sulistijono,2012)

Komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam berdasarkan penguatnya (Jones,1975). Dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

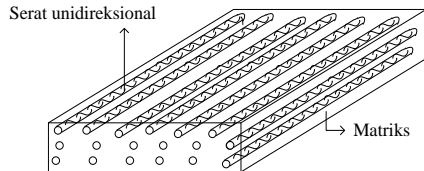
Komposit serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat (*Fiber*). *Fiber* yang digunakan untuk menguatkan matriks dapat pendek, panjang, atau kontinyu. Berdasarkan jenis seratnya dibedakan sebagai berikut:

- a. Serat kontinyu

Dengan orientasi serat yang bermacam-macam antara lain arah serat satu arah (unidireksional), dua arah (biaksial) dan tiga arah (triaksial)

b. Serat diskontinyu

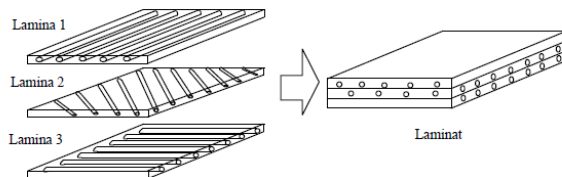
Serat menyebar dengan acak sehingga sifat mekaniknya tidak terlalu baik jika dibandingkan dengan serat kontinyu.



**Gambar 2.2** Komposit Serat (Sulistijono,2012)

2. Komposit laminat (*Laminates Composites*)

Komposit laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan laminat berpenguat filler atau laminat berpenguat partikel atau lamina berpenguat logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.

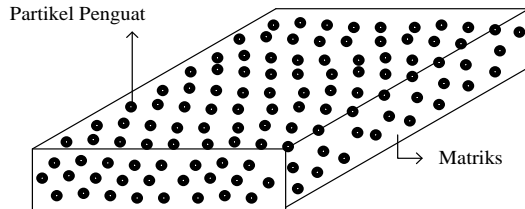


**Gambar 2.3** Komposit Laminat (Sulistijono,2012)

3. Komposit partikel (*particulate composites*)

komposit partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit. Partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan

berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama



**Gambar 2.4** Komposit Partikel (Sulistijono,2012)

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. MMC: *Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) *Metal Matriks Composite* adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan.
2. CMC: *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.

3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fibre Composite*, Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.
2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*, Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.
3. *Discontinuous Fibre Composite*, tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3, yaitu:
  - a) *Aligned discontinuous fibre*
  - b) *Off-axis aligned discontinuous fibre*
  - c) *Randomly oriented discontinuous fibre*

### 2.1.3 Penguat Komposit

*Reinforcement* (penguat) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Bahan penguat yang umum digunakan adalah jenis partikel, serat serat alam, serat karbon, serat gelas dan keramik.

---

#### **2.1.4 Matriks**

Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Matriks juga bergungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi (Gibson, 1994).

### **2.2 Serat Alam**

#### **2.2.1 Pengertian Serat Alam**

Serat alam merupakan serat yang dapat diambil dan dapat ditemukan di alam. Banyak sekali serat alam yang bisa diambil dan digunakan pada kondisi yang tidak membutuhkan nilai tegangan yang tinggi. Menurut fakta, kingdom sayuran merupakan sumber terbesar untuk mendapatkan serat alam. Serat selulosa umumnya dapat ditemukan di alam pada kapas, tanaman *flax*, goni, tanaman rami, dan tanaman lidah buaya. Serat pada tanaman tersebut secara umum telah banyak digunakan pada industri pembuatan kertas. (Chawla, 1998).

#### **2.2.2 Serat Alam Sebagai Penguat Komposit**

Pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit polimer mempunyai beberapa kelebihan diantaranya memiliki massa jenis yang rendah, sifat mekanik yang baik dan dapat diperbaiki karena berasal dari alam, mudah didaur ulang, dan murah (Mallick, 2007).

Komposit berpenguat serat alam telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan, salah satunya komposit berpenguat serat kenaf. Serat kenaf memiliki densitas yang rendah, ramah lingkungan dan harganya relatif murah jika dibandingkan dengan serat sintesis. Walaupun demikian penggunaan serat alam sebagai bahan penguat

---

komposit terkadang tidak cukup untuk mengatasi kebutuhan desain produk komposit, karena kekuatan mekaniknya yang rendah dibandingkan dengan serat sintesis. Berdasarkan hal tersebut maka dibuatlah komposit hibrida yang diperkuat oleh serat alam dan serat sintesis sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis komposit (Mallick,2007). Penggunaan serat alam untuk *filler* komposit polimer telah digunakan oleh (Farid dkk, 2018)

### 2.2.3 Bambu Betung

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 (Janssen, 1987).

Janssen (1987) memberikan rekomendasi tentang keunggulan bambu sebagai berikut :

- a) Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan secara cepat serta modal dapat diputar berkesinambungan.
- b) Bambu mempunyai sifat-sifat mekanika yang baik.
- c) Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana.
- d) Kulit luar bambu mengandung banyak silika yang membuat bambu terlindungi.

Bambu termasuk zat higroskopis, artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kayu atau bambu mempunyai kemampuan 12 Laporan Tugas Akhir Departemen Teknik Material mengabsorpsi atau desorpsi yang tergantung dari suhu dan kelembaban udara disekelilingnya. Menurut (Liese, 1980).

Kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu. (Janssen, 1980) menyatakan bahwa kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kadar air, kekuatan tarik maksimum bagian luar bambu paling besar dibandingkan dengan bagianbagian yang lain.

---

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 (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).

#### 2.2.4 Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004).

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Bangun dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals (Perez et al. 2002).

Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Molekul selulosa merupakan mikrofibril dari glukosa yang terikat satu dengan lainnya membentuk rantai polimer yang sangat panjang. Adanya lignin serta hemiselulosa di sekeliling selulosa merupakan hambatan utama untuk menghidrolisis selulosa (Sjostrom, 1995).

Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Rumus molekul selulosa adalah  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman yaitu senyawa polimer glukosa yang tersusun dari unit-unit  $\beta$ -1,4-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4-Dglukosida (Han et al., 1995).



---

### 2.2.5 Nanoselulosa

Partikel nanoselulosa merupakan material jenis baru yang mengalami perubahan, perubahan ini berupa peningkatan kristalinitas, luas permukaan, peningkatan dispersi dan biodegradasi. Dengan adanya perubahan dari selulosa menjadi nanoselulosa menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari selulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler penguat polimer, aditif untuk produksi biodegradable, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat (Ioelovich, 2012).

### 2.3 Silicone Rubber

Karakteristik unik dan harga jual yang lebih tinggi dibandingkan elastomer lain pada umumnya membuat *Silicone Rubber* atau karet silikon biasanya dibedakan sebagai elastomer spesial, meskipun karet ini meningkatkan biaya alternatif dalam berbagai aplikasinya. Dua jenis silikon elastomer memiliki sifat tersebut, yaitu karet termoset yang divulkanisir dengan panas dan karet *room-temperature vulcanizing* (RTV) (Ciullo, 1996).

Menurut Nagdi (1993), Karet silikon bisa dibedakan dalam 3 kelompok :

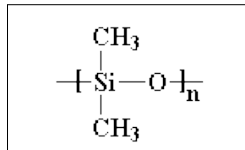
1. *Heat-vulcanizable solid rubbers*
2. *Heat-vulcanizable liquid rubbers* (LSR) didesain untuk bagian cetakan yang diproduksi secara otomatis
3. *Room-temperature vulcanization* (RTV) karet, biasanya berupa cairan yang dapat mengalir dan dipersiapkan dalam bentuk yang bisa langsung digunakan untuk aplikasi seperti penutup bangunan, enkapsulasi, lapisan pelindung dan setakan fleksibel.

Vulkanisasi mempunyai arti yang sama dengan sambung-silang, pematangan secara khusus sama artinya dengan sambung-silang (*crosslink*) namun seringkali lebih kepada kombinasi dari polimerisasi adisi dengan sambung-silang (O dian, 2004).

Rantai utama polimer silikon adalah polidimetilsiloksan dengan rantai utama Si-O dan dua gugus metil pada setiap silikon. Rantai utama Si-O memberikan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, oksigen, panas (hingga 315 °C), sinar UV,

---

kelembaban, dan efek cuaca secara umum. Sedangkan pengganti gugus metil memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi. (Ciullo, 1996).



**Gambar 2.5** Rantai Utama Polidimetilsiloksan (PDMS)  
(Ciullo, 1996)

Pada umumnya, karet silikon merupakan campuran berkekuatan rendah yang berguna pada tingkat temperatur -80 hingga 450 °F (-62.2 hingga 232.2 °C). Karet silikon juga mempunyai ketahanan terhadap api, cahaya, dan ozon yang sangat baik. Karet silikon biasanya kurang tahan terhadap fluida. Karet silikon sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap panas karena mempunyai temperatur transisi glass yang rendah yaitu -197 °F (-127.2 °C) sehingga membuatnya memiliki fleksibilitas pada temperatur rendah yang cukup baik. Campuran yang berbasis karet silikon mempunyai kekuatan tear yang sangat rendah dan pada biasanya tidak cocok untuk aplikasi dinamik. (Deni, 2015).

Sifat permukaan karet silikon dipengaruhi oleh empat karakteristik struktural (Owens, 2012), yaitu :

1. Gaya intermolekul yang rendah antara gugus metil
2. Fleksibilitas yang tinggi dari rantai utama siloksan
3. Kekuatan yang tinggi dari ikatan siloksan
4. Ionik parsial alami yang dimiliki oleh ikatan siloksan

---

## 2.4 Gelombang dan Bunyi

### 2.4.1 Pengertian Gelombang

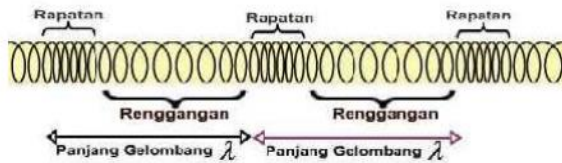
Gerak gelombang muncul di dalam hampir tiap-tiap cabang fisika, seperti gelombang air, gelombang bunyi, gelombang cahaya, gelombang radio, dan gelombang elektromagnetik lainnya. Sebuah perumusan mengenai atom dan partikel-partikel sub-atomik dinamakan mekanika gelombang. Jelaslah bahwa sifat-sifat gelombang sangat penting di dalam fisika.

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.

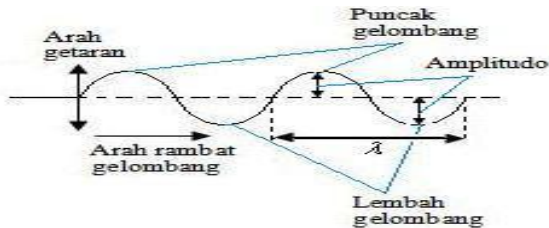
Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali. Gelombang elektromagnetik 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 kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma ( $\gamma$ ), 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 gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Sedangkan 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. Gelombang transversal dan gelombang longitudinal dapat digambarkan secara grafis pada Gambar 2.6 dan 2.7 dibawah.



**Gambar 2.6** Gelombang Transversal (Stanley Wolfe, 2003)



**Gambar 2.7** Gelombang Longitudinal (Stanley Wolfe, 2003)

Besaran-besaran yang digunakan untuk mendiskripsikan gelombang antara lain panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak antara dua puncak yang berurutan, frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya gelombang yang melewati suatu titik tiap satuan waktu, periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang melewati suatu titik, amplitudo ( $A$ ) adalah simpangan maksimum dari titik setimbang, kecepatan gelombang ( $v$ ) adalah kecepatan dimana puncak gelombang (atau bagian lain dari gelombang) bergerak. Kecepatan gelombang harus dibedakan dari kecepatan partikel

pada medium itu sendiri. Pada waktu merambat gelombang membawa energi dari satu tempat ke tempat lain. Saat gelombang merambat melalui medium maka energi dipindahkan sebagai energi getaran antar partikel dalam medium tersebut.

### **2.4.2 Pengertian Bunyi**

Bunyi, secara harafiah dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. 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)

Definisi sejenis juga dikemukakan oleh Bruel & Kjaer (1986) yang menyatakan bahwa bunyi diidentikkan sebagai pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Secara lebih mendetail, Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi, yaitu:

- a) Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi Obyektif.
- b) Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi subyektif.

Secara singkat, 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. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan pereganggan partikel-partikel udara yang bergerak ke luar, yaitu karena penyimpangan tekanan. Hal serupa juga terjadi pada penyebaran gelombang air pada permukaan suatu kolam dari titik dimana batu dijatuhkan. 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).

## 2.5 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. 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. Menurut Lewis dan Douglas (1993) material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu: material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*), dan material peredam (*damping material*). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Pada umumnya bahan yang berpori akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor. Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan

---

tersebut didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara atau koefisien absorpsi ( $\alpha$ )

Bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang lebih tinggi. Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energi akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (Tsoumis, 1991).

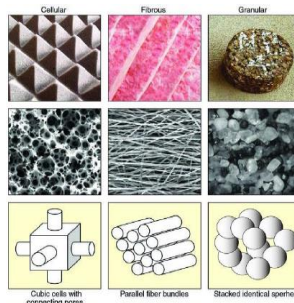
Ciri akustik bahan penyerap berbeda satu dengan yang lainnya, bergantung kepada jenis bahan. Bahan penyerap akustik umumnya dibedakan sebagai bahan berpori dan busa sintetik. Bahan berpori yang biasanya digunakan ialah serat gelas dan wol batu. Bahan-bahan ini mempunyai ciri penyerapan akustik yang tinggi dan tahan api. Akan tetapi serat-serat halus bahan tersebut dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan paru-paru manusia, apabila terhirup dan juga berharga cukup mahal (Zulhelmi, 2017).

## 2.6 Bahan Absorpsi Suara

Bahan penyerap suara memiliki peranan penting dalam proses penyerapan suara sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. Bahan penyerap suara tersebut seringkali disebut sebagai material kedap suara. Dalam sebuah konsep akustik ruangan harus dibedakan antara fungsi kedap dan fungsi pengendalian. Ada dua tipe utama bahan penyerap suara yaitu bahan penyerap suara berpori (*Porous Absorber*) dan penyerap suara tipe resonansi (*Resonant Absorber*). Bahan berpori seperti karpet, korden, *foam*, *glasswool*, *rockwool*, *cellulose fiber*, dan material lunak lainnya menyerap energy suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energy suara lebih besar di frekuensi tinggi. Bahan penyerap berpori adalah material solid yang mengandung rongga sehingga gelombang suara dapat masuk melewatinya. Material berpori dapat diklasifikasikan sebagai

---

selular, serat, dan granular pada konfigurasi mikroskopisnya. Bagiannya terdiri dari lubang kecil sebagai jalan masuknya gelombang suara. Sementara bahan serat biasanya terdiri dari serat alami dan serat sintetis. Dan contoh dari *Granular Material* yaitu asphalt, tanah liat, pasir, tanah dan sebagainya. (Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010).



**Gambar 2.8** Material Penyerap Suara Berpori (Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010)

Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energy suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya. Ini berarti material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan di dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energy suara berfrekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedal

### 2.7 Sound Transmission Class

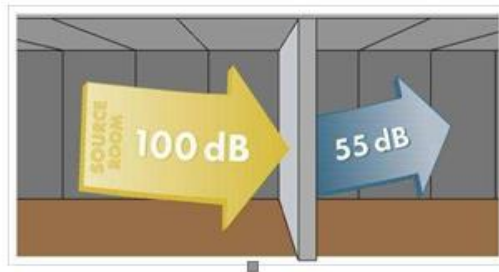
*Sound Transmission Class* adalah metode penilaian STL udara dari dinding atau lantai / perakitan langit-langit pada frekuensi yang berbeda dengan menggunakan nomor tunggal. STC ditentukan dari nilai-nilai STL dari suatu perakitan dan diperoleh dari sistem yang diuji di laboratorium. Regulasi Suara – *Building*



*Code of Australia (BCA)*: Kode Bangunan Australia, menominasikan persyaratan STC minimum untuk dinding dan lantai antara tempat tinggal atau unit yang berdekatan dan sekitar layanan pipa.

### 2.7.1 Cara Pengujian *Sound Transmission Class*

*Sound Transmission Loss*, (STL) dan *Sound Transmission Class* (STC) adalah dua parameter yang digunakan dalam bidang akustik untuk mengetahui seberapa kuat sebuah dinding untuk menyerap suara yang merambat melalui udara. Dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Ilustrasi *Sound Transmission Loss*

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa ada sumber suara sebesar 100 dB yang datang setelah suara tersebut mengenai dinding, suara yang didengar hanya 55 dB. Kondisi ini menunjukkan bahwa dinding tersebut mempunyai STC 45 dB (Warnock,2018). Untuk memudahkan dalam mencari nilai penyerapan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal *Sound Transmission Class* yang dilakukan dari pengukuran TL dengan filter 1/3 oktaf pada rentang frekuensi 125 Hz s.d 4000 Hz. Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh ASTM dengan deskripsi nilai STC yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

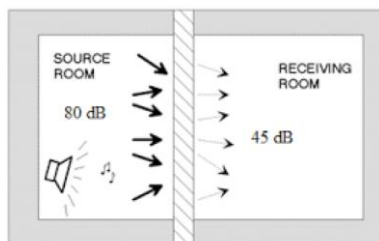
**Tabel 2.1** Klasifikasi Nilai STC (ASTM)

No.	Nilai STC	Keterangan
1	50-60	Sangat bagus sekali, suara Keras terdengar lemah/tidak sama sekali
2	40-50	Sangat bagus, suara terdengar lemah
3	35-40	Bagus, suara keras terdengar tetapi harus lebih didengarkan
4	30-35	Cukup, suara keras cukup terdengar
5	25-30	Jelek, suara normal mudah atau jelas didengar
6	20-25	Sangat jelek, suara pelan dapat terdengar.

Adapun ada beberapa metode pengukuran STC untuk mengetahui nilai STC, yaitu :

1. Metode *reverberation room*

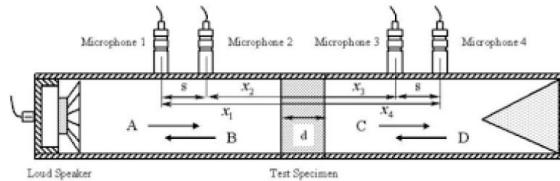
Dalam metode ini, STL didefinisikan sebagai perbedaan antara tingkat tekanan suara rata-rata dari ruang sumber bunyi dan ruang penerima. *Sound Transmission Loss* ditunjukkan dalam gambar 2.10



**Gambar 2.10** Proses Terjadinya *Sound Transmission Loss* pada Material Akustik (warnock, 2018)

## 2. Metode tabung impedansi

Metode ini menggunakan sebuah tabung dan 4 buah mikrofon sebagai sensor penangkap bunyi. Metode ini mengacu pada ASTM E413-16. Gambar menunjukkan skema diagram tabung impedansi untuk mengukur sound transmission loss.



**Gambar 2.11** Tabung Impedansi Untuk Pengukuran *Sound Transmission Loss* (Warnock, 2018)

### 2.8 Barium M- Heksaferrit (BAM)

Barium ferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) merupakan bahan magnetik yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan teknologi yang besar. Barium ferit termasuk material magnet permanen. Selain itu juga banyak digunakan untuk magnet permanen, media penyerapan magnetik, dan peredam microwave, karena stabilitas yang tinggi, respon frekuensi tinggi, magnetocrystalline anisotropi besar dan magnetisasi yang besar (Jiang, 2008). Magnet barium ferit ini termasuk klasifikasi material keramik magnet keras yang memiliki struktur hexagonal ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), sehingga dikenal dengan nama barium hexaferrit. Barium ferit berkembang sejak awal tahun 1960, sebagai alternatif untuk menggantikan penggunaan magnet logam (Mallick, 2007). Kelebihan Barium Heksaferrit diantaranya yaitu, mempunyai anisotropi kristalin magnet yang cukup besar, koersivitas tinggi (6700 Oe), suhu Curie ( $450^{\circ}\text{C}$ ), magnetisasi saturasi yang relatif besar (78 emu/g), kestabilan kimiawi yg baik, tahan korosi (X. Tang, 2005) dan pembuatannya yang relatif mudah. Bahan Barium Heksaferrit dapat disintesis menggunakan beberapa metode yang telah dikembangkan, diantaranya kristalisasi dari kaca, mekano-kimia, metalurgi serbuk (mechanical alloying), high ball milling, mekanik paduan sol-gel, aerosol dan

kopresipitasi (Priyono, 2010) Barium Ferit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U (Priyono, 2010). Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M, yang biasa dikenal dengan nama BaM. BaM dengan rumus kimia stoikiometri  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  memiliki magnetisasi saturasi besar, koersivitas tinggi, suhu curie tinggi, anisotropi magnetik besar dan stabilitas kimia yang sangat baik, dengan beberapa sifat BaM lainnya ditunjukkan pada Tabel 2.2. Bahan-bahan ini telah diselidiki karena aplikasi teknologi dalam magnet permanen, media perekaman magnetik kepadatan tinggi dan perangkat *microwave* (Kanagesan, 2013).

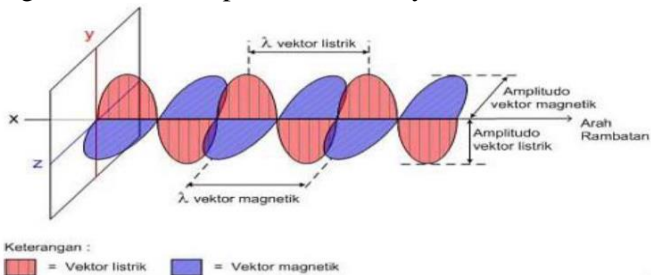
**Tabel 2.2** Tabel Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit  
(Kanagesan, 2013)

<i>Material Properties</i>	Barium M-Heksaferrit
Melting point (°C)	1500
Curie Temperatur (°C)	450
Specific Gravity (g/cc)	5,3 (20 °C)
Titik leleh (°C)	± 1500
Koersivitas (Oe)	
Saturasi (emu/g)	6700
Bentuk	72
Warna	Serbuk
	Cokelat kehitam-hitaman

## 2.9 Radar

Radar merupakan singkatan dari “Radio detection and ranging”, Sebuah sistem radar biasanya beroperasi di ultra-high-frequency (UHF) atau bagian gelombang mikro dari frekuensi radio (RF), dan digunakan untuk mendeteksi posisi dan atau gerakan benda. Radar dapat melacak sistem badai, karena curah hujan mencerminkan medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Radar juga dapat menentukan lokasi yang tepat dari suatu objek. Sistem radar banyak digunakan dalam kontrol lalu lintas udara, navigasi pesawat terbang, dan navigasi laut. Radar

berkekuatan tinggi, menggunakan dish antennas, yang telah banyak digunakan untuk mengukur jarak ke bulan, planet-planet lainnya, asteroid, dan satelit buatan. Radar telah digunakan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration AS*) untuk membuat peta topografi yang sangat rinci dari permukaan bumi juga. Radar bekerja dengan cara melepaskan gelombang elektromagnetik, seperti pada Gambar 2.12 yang menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik merupakan kombinasi medan listrik ( $E$ ) dan medan magnet ( $B$ ) yang merambat secara transversal dan tegak lurus terhadap arah rambatnya.



**Gambar 2.12** Gelombang Elektromagnetik (Skolnik, 2008)

Pada perambatan gelombang ada beberapa karakter yang bisa diukur antar lain : panjang gelombang, frekuensi dan amplitudo/amplitudo. Amplitudo ( $A$ ) adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi ( $f$ ) adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satu satuan waktu. Panjang gelombang radar dapat diklasifikasikan berdasarkan pembagian band frekuensi.

## 2.10 Material Penyerap Radar (*Radar Absorbing Material*)

*Radar Absorbing Material* (RAM) mulai dikenal sejak tahun 1930 setelah ditemukannya radar. RAM yang pertama adalah *wesch* yaitu material serbuk *carbonyl iron* dengan karet lembaran yang memiliki tebal 7,62 mm dan mampu mereduksi frekuensi

sampai 3 GHz digunakan untuk melapisi kapal selam milik Jerman merupakan bahan yang memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik sehingga meminimalkan gelombang yang direfleksikan. RAM terdiri dari dua bahan yaitu dielektrik dan magnetik absorbers. Dielectric absorber tergantung pada hilangnya ohmik energi yang dapat dicapai dengan memuat pengisi lossy seperti karbon, grafit, polimer konduksi atau partikel logam/bubuk ke dalam matriks polimer. Sifat dielektrik dapat dikutip dari konstanta dielektrik dan kehilangan tangen  $\delta$ . Magnetic absorber tergantung pada kurva histeris magnetik yang diperoleh ketika partikel ferrite diisi ke dalam matriks polimer (Jiang, 2008). Gelombang elektromagnetik merupakan penjalaran medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

### 2.11 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain: jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Yusuf, 2016).

Bila  $v_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume serat  $v_f$  dan volume matriks  $v_m$ , maka diperoleh persamaan 2.1.

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

Jika fraksi volume serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$ , maka seperti Persamaan 2.2

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

Bila  $w_c$  adalah berat komposit yang mengandung berat serat  $w_f$  dan berat matriks  $w_m$ , maka diperoleh Persamaan 2.3

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

Jika fraksi berat serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$ , maka Persamaan 2.4.

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

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, sebagai berikut di Persamaan 2.5, 2.6, 2.7.

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

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

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

Densitas komposit, ditentukan dari Persamaan 2.8, 2.9 2.10, 2.11.

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

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

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

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

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Telah banyak penelitian dan pengujian mengenai aplikasi komposit dengan menggunakan serat alam sebagai filler dalam material peredam suara. Menurut Farid dan Subban, semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti

---

material itu bagus tergantung pada kegunaannya. Nilai koefisien absorpsi suara mengalami peningkatan secara signifikan pada frekuensi 125 Hz pada komposit berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material komposit poliester berpenguat serat bambu (Farid, 2015)

Untuk komposit fenol formaldehide berpenguat serat kelapa, nilai koefisien absorpsi suara bervariasi tergantung pada rentang frekuensinya. Sesuai dengan standard ISO 11654 syarat minimal nilai adalah 0,15 maka semua rentang frekuensi komposit tersebut diatas syarat minimum. Dengan nilai terbaik oleh PU (50PPG:50PPI)-5%K sebesar 0,444 pada frekuensi 2000Hz (Farid dan Rani, 2016).

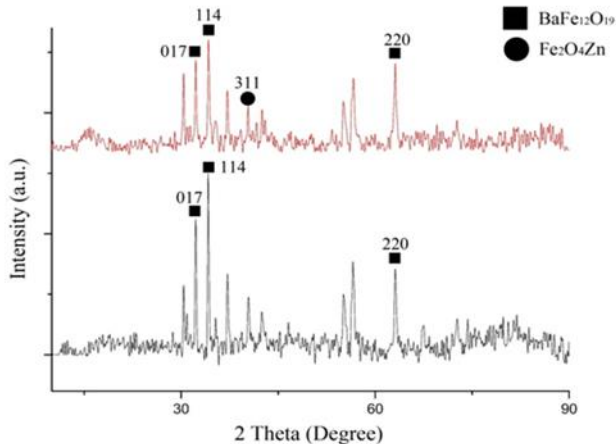
Komposisi serat dan matriks pada saat pembuatan komposit juga sangat berpengaruh pada hasil nilai koefisien absorpsi suara. Farid dan Hayu menjelaskan bahwa penambahan 4% fraksi volume serbuk jati akan meningkatkan koefisien absorpsi suara mencapai 15,3% pada frekuensi 125 Hz. Komposit polypropylen berpenguat bambu betung-rami dengan komposisi fraksi masa 5% bambu-15% rami memiliki nilai  $\alpha$  sebesar 0,42 pada frekuensi 2500 Hz, nilai  $\alpha$  ini lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan fraksi masa 10% Bambu-10% rami dan 15% bambu-15% rami (Farid dan Hizkia, 2016).

Penambahan fraksi berat dapat mengubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada SR poros murni. Semakin besar fraksi berat mikroselulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan dengan penambahan *filler* nanoselulosa akan menyebabkan penurunan nilai  $\alpha$  pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai tertinggi pada 6% dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,425 pada frekuensi 4000Hz (Farid dan Afira, 2017).

Panjang serat berpengaruh juga pada nilai koefisien absorpsi suara. Meskipun mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan penambahan panjang, komposit gipsum berpenguat serat ampas tebu akan mencapai syarat minimum ISO 11654 pada frekuensi 1000 Hz dengan panjang 50mmT-G dan frekuensi 4000



Hz dengan panjang serat 10mmT-G (Farid dan Suban, 2015). Panjang serat juga berpengaruh pada aspek rasio serat yakni perbandingan panjang dengan diameter serat suatu komposit. Nilai koefisien mencapai 99% pada frekuensi 1225 Hz pada komposit poliester berpenguat serat rami dengan komposisi serat sebanyak 20% pada aspek rasio sebesar 42 (Farid dan Tri,2013)

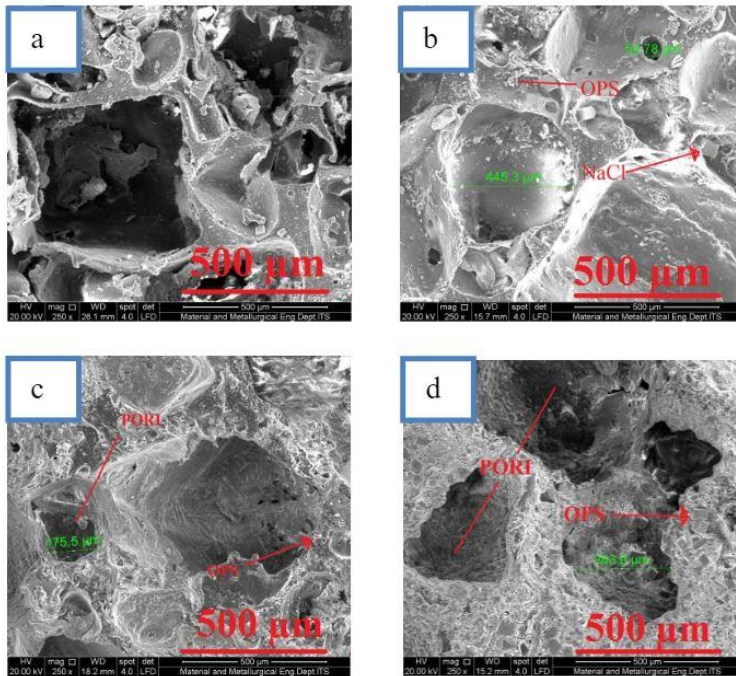


**Gambar 2.13** Pola XRD Barium M-Heksaferrit *Dopping* Zn (Merah) dan *Non Dopping* (Hitam) (Pradana dan Farid,2017)

Pada Gambar 2.13 menunjukkan pola grafik hasil uji XRD Barium M-Heksaferrit dari penelitian terdahulu. Terlihat bahwa hasil uji pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel, hal ini mengindikasikan setiap sampel terbentuk fasa yang sama yaitu fasa utama yang terindikasi adalah fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> (PDF#43-0002). Material BaM non doping terbentuk fasa tunggal BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dengan struktur kristal hexagonal (JCPDS 96-100-9034). Material BaM doping 4.88% Zn selain terbentuk fasa utama (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) juga terbentuk fasa kedua (sekunder) yaitu fasa ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (PDF card 01-082-1049). Selain itu, terjadi pergeseran 3 peak tertinggi pada BaM Non Dopping Zn yaitu dari 34.1620° menjadi 34.1546°, 32.2906° menjadi 32.2492° dan 63.1329° menjadi 63.1173°.

---

Pergeseran ini menandakan terjadinya substitusi ion  $Zn^{2+}$  yang mengganggu struktur kristal dari Barium Heksaferrit tersebut. Substitusi Zn juga ditandai pada intensitas peak Barium Heksaferrit doping Zn yang lebih rendah dibandingkan Barium Heksaferrit Non Doping. Pengurangan intensitas peak tersebut menunjukkan pengaruh penambahan unsur Zn yang dapat mengurangi pembentukan fasa  $BaFe_{12}O_{19}$  (Nia, 2016). Pergeseran posisi 2-theta mengindikasikan adanya perubahan struktur kristal dari semula (Ilham, 2016). Untuk puncak difraksi  $BaFe_{11-x}Zn_xO_{19}$  mengalami pergeseran puncak 2-theta ke arah kiri mengindikasikan bahwa ion  $Zn^{2+}$  yang masuk ke kisi  $BaFe_{12}O_{19}$  secara intertisi (Tokmakci, 2013).

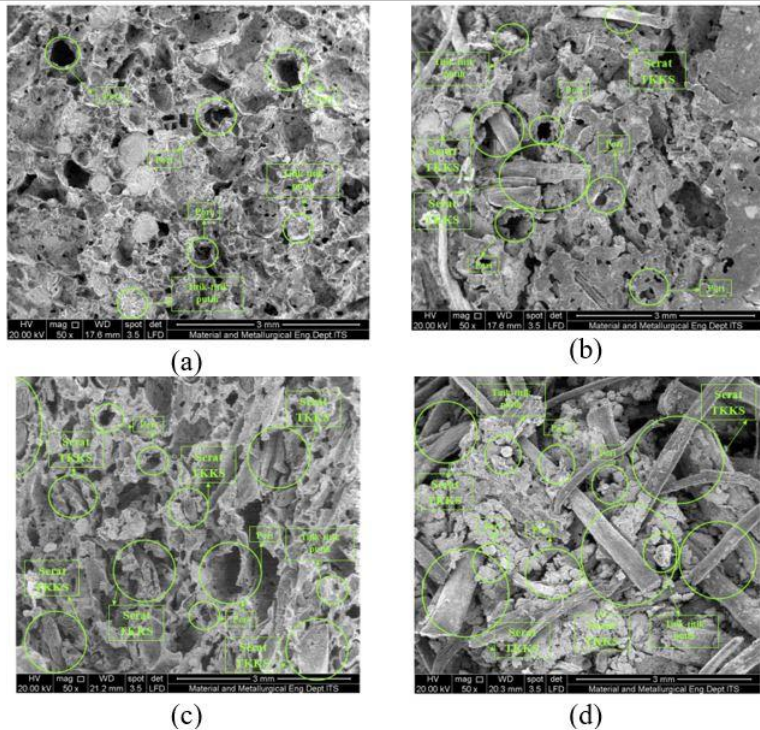


**Gambar 2.14** Hasil Pengujian SEM Komposit Porous SR/OPS Perbesaran 250x, (a) 100%SR, (b) 1% wtOPS, (c) 3% wtOPS, (d) 5% wtOPS (Zulhelmi dan Farid,2017)

Pada Gambar 2.14 menunjukkan hasil uji SEM komposit *Silicone Rubber* berongga dengan *filler* cangkang kelapa sawit dengan perbesaran 250x pada penelitian terdahulu. Dapat dilihat dari hasil uji SEM tersebut menunjukkan morfologi yang terbentuk pada komposit yang terlihat berupa pori, *filler* cangkang kelapa sawit, dan NaCl. Gambar 2.14(a) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Porous* 100% *Silicone Rubber*. Pada komposit *Porous* 100% *Silicone Rubber* terlihat sisa-sisa NaCl yang belum terlarut saat perendaman dengan air panas. Gambar 2.14(b) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Porous Silicone*

---

*Rubber/1%wt Oil Palm Shell*. Pada komposit *Porous Silicone Rubber/1%wt Oil Palm Shell* terlihat jumlah sisa-sisa NaCl semakin berkurang dibandingkan dengan komposit 100% *Silicone Rubber*. Terlihat pula sisa-sisa partikel *Oil Palm Shell* yang tidak larut saat pencampuran. Gambar 2.14(c) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Porous Silicone Rubber/3%wt Oil Palm Shell*. Pada komposit *Porous Silicone Rubber/3%wt Oil Palm Shell* terlihat sisa sisa NaCl semakin sedikit dibandingkan dengan komposit *Porous Silicone Rubber/1%wt Oil Palm Shell*. Terlihat pula partikel *Oil Palm Shell* semakin banyak dibandingkan *Porous Silicone Rubber/1%wt Oil Palm Shell*. Gambar 2.14(d) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Porous Silicone Rubber/5%wt Oil Palm Shell*. Pada komposit *Porous Silicone Rubber/5%wt Oil Palm Shell* terlihat semakin banyak jumlah partikel *Oil Palm Shell* dibandingkan komposit *Porous Silicone Rubber/3%wt Oil Palm Shell*. Dapat disimpulkan penambahan filler *Oil Palm Shell* ke dalam komposit akan mengurangi jumlah pori dalam komposit dan juga mengurangi ukuran pori menjadi lebih kecil. Hal ini dikarenakan penambahan filler *Oil Palm Shell* ke dalam *Silicone Rubber* akan mengurangi jumlah berat dari NaCl, sehingga pori yang dihasilkan pun akan berkurang.

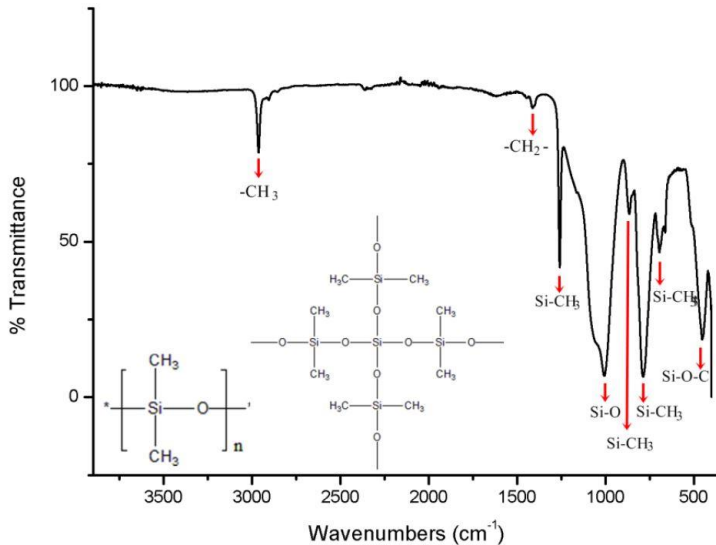


**Gambar 2.15** Struktur Mikro Komposit dengan perbesaran 50x (a)SiR+ 10%BaM, (b) SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS. (Pradana dan Farid,2017)

Pada Gambar 2.15 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Silicone rubber*/barium heksaferit/ serat tandan kosong kelapa sawit dengan perbesaran 50x pada penelitian terdahulu. Morfologi yang tampak pada Gambar 2.15 berupa pori, serat, dan titik titik putih yang tersebar. Gambar 2.15(a) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang relatif banyak dengan ukuran yang berbeda-beda. Gambar 2.15(b) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit

---

*silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 4% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori lebih sedikit dan ukurannya yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit. Gambar 2.15 (c) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 6% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang lebih sedikit dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan komposit komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 4% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Gambar 2.15(d) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 8% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang lebih sedikit dan ukuran yang lebih kecil dibandingkan komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 6% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Penambahan filler mengakibatkan ukuran pori tidak beraturan dan cenderung mengecil. Hal ini dikarenakan penambahan filler menyebabkan pori terdeformasi (Chen, 2012).



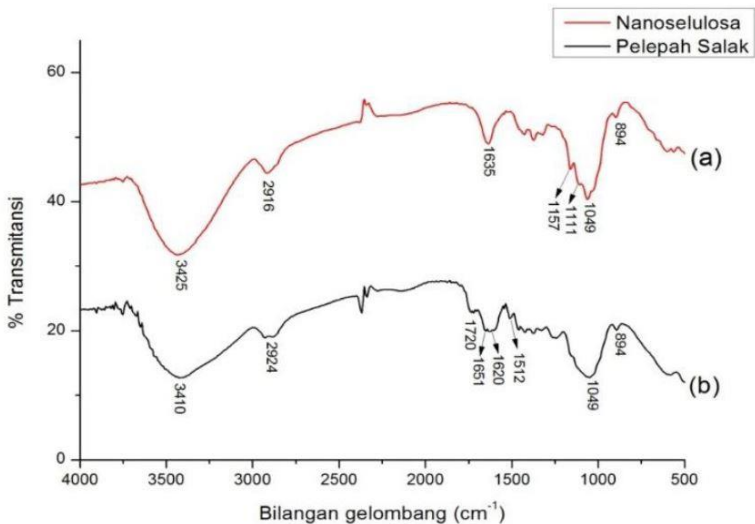
**Gambar 2.16** Hasil Uji FTIR *Silicone Rubber* Berpori  
(Dhani dan Farid,2017)

Pada Gambar 2.16 menunjukkan grafik hasil uji FTIR terhadap *silicone rubber* berpori pada penelitian terdahulu. Dilihat dari Tabel 2.4, terdapat adanya gugus alifatik  $-\text{CH}_3$  pada puncak 2960.65  $\text{cm}^{-1}$ . Terdapat pula gugus silikon organik  $\text{Si}-\text{CH}_3$  yang mengalami vibrasi pada puncak 1258.02  $\text{cm}^{-1}$ -1864.02  $\text{cm}^{-1}$ , 785.41  $\text{cm}^{-1}$  dan 694.34  $\text{cm}^{-1}$ . Pada puncak 1006.13  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus Siloksan  $\text{Si}-\text{O}$  yang mengalami  $\text{Si}-\text{C}$  stretching. Dan pada puncak 451.93  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus silikon organik  $\text{Si}-\text{O}-\text{C}$  yang mengalami deformasi vibrasi.

**Tabel 2.3** Daerah Serapan Infra Merah *Silicone Rubber* Berpori

<b>Daerah Serapan (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ikatan</b>	<b>Gugus Fungsi</b>	<b>Jenis Gugus Fungsi</b>
2960.65	-CH <sub>3</sub>	Alifatik	-
1258.02	Si-CH <sub>3</sub>	Silikon Organik	Vibrasi
1006.13	Si-O	Siloksan	Si-C Stretching
864.02	Si-CH <sub>3</sub>	Silikon Organik	Vibrasi
785.41	Si-CH <sub>3</sub>	Silikon Organik	Vibrasi
694.34	Si-CH <sub>3</sub>	Silikon Organik	Vibrasi
451.93	Si-O-C	Silikon Organik	Deformasi Vibrasi

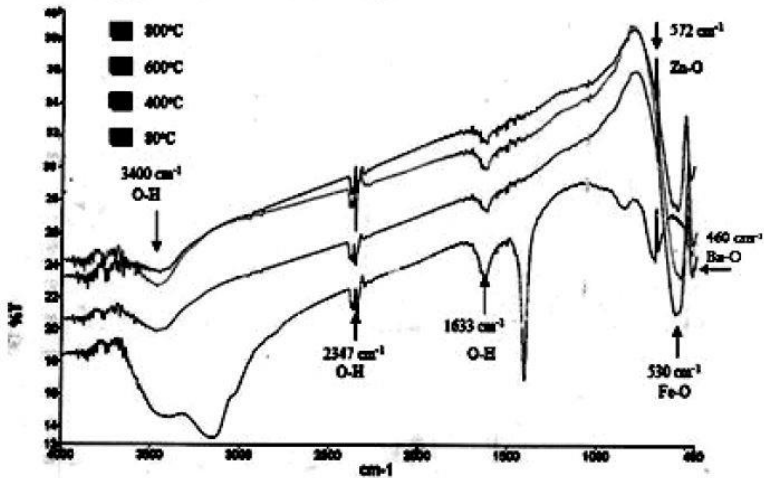




**Gambar 2.17** Hasil Uji FTIR Pada Nanoselulosa dan Pelepah Pohon Salak (Liska,2018)

Pada Gambar 2.17 spektra inframerah pelepah salak dan nanoselulosa menunjukkan pergeseran bilangan gelombang 3700-3300  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus fungsi –OH. Pergeseran serapan nanoselulosa 3425  $\text{cm}^{-1}$  dan 3410  $\text{cm}^{-1}$  pada pelepah salak disebabkan perlakuan basa, oksidasi dan hidrolisis asam. Semakin tajamnya puncak serapan gugus –OH ini disebabkan oleh gugus asam dan alkohol yang terdapat pada nanoselulosa. Pergeseran bilangan gelombang 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus fungsi –CH. Pergeseran serapan nanoselulosa 2916  $\text{cm}^{-1}$  dan pelepah salak 2924  $\text{cm}^{-1}$  Semakin tajam puncak serapan vibrasi ulur gugus fungsi –CH dipengaruhi oleh transformasi perubahan ikatan inter dan intramolekul selulosa. Pergeseran bilangan gelombang 1600-1640  $\text{cm}^{-1}$  yang

menunjukkan gugus  $\text{-OH}$  *bending* terlihat pada serapan  $1620 \text{ cm}^{-1}$  untuk pelepah salak dan  $1635 \text{ cm}^{-1}$  untuk serapan nanoselulosa. Pergeseran bilangan gelombang tersebut dan semakin tajamnya puncak serapan gugus  $\text{-OH}$  *bending* disebabkan karena serapan air dalam proses hidrolisis asam. Gugus fungsi ini tidak dimiliki oleh komponen lignin dan hemiselulosa sehingga dapat digolongkan sebagai gugus khas nanoselulosa.



**Gambar 2.18** Hasil Uji FTIR Barium M-Heksaferit Dopping Zn Dengan Variasi Temperatur Kalsinasi (Susilawati,2015)

Pada Gambar 2.18 menunjukkan grafik hasil uji FTIR beserta ikatan kimia yang terbentuk pada sampel  $\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$  (Barium M-Heksaferit Dopping Zn) dengan variasi temperatur kalsinasi  $80^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$  pada penelitian terdahulu. Berdasarkan grafik hasil uji FTIR tersebut bahwa pada besar pendopongan Zn yaitu  $x=0,3$  dan temperatur kalsinasi yang berbeda-beda dapat kita ketahui terdapat puncak pada bilangan gelombang  $3447 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2345 \text{ cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang  $3700\text{-}3200 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H. Pada puncak  $16333$

---

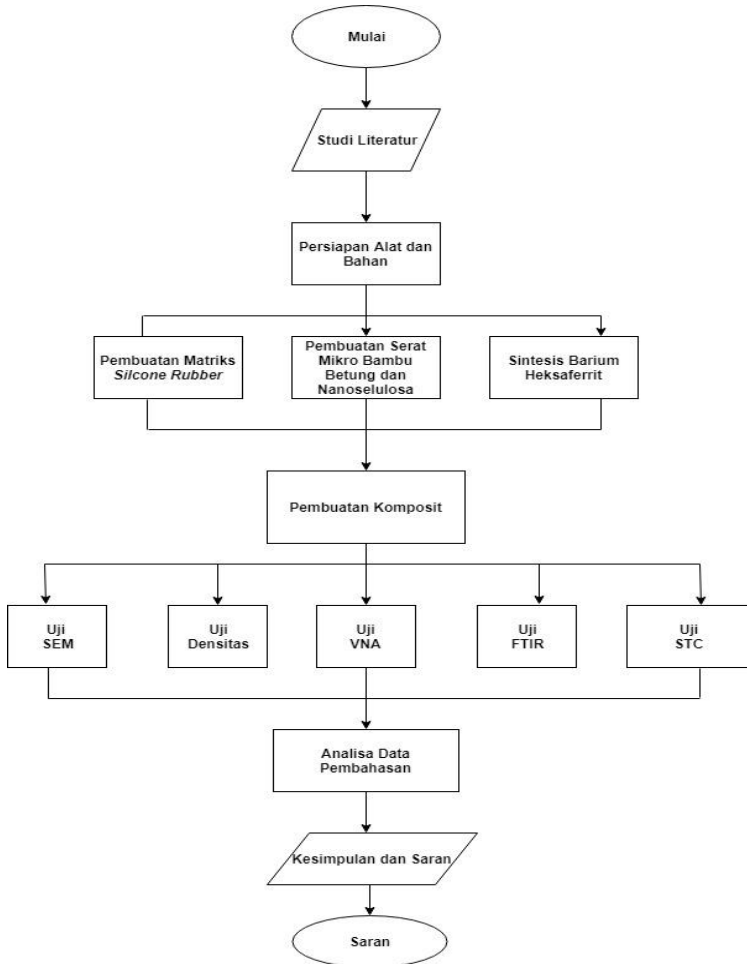
$\text{cm}^{-1}$  menunjukkan terbentuknya ikatan O-H. Bilangan gelombang kurang dari  $1000 \text{ cm}^{-1}$  dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide*. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada  $572 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya ikatan Zn-O. Selain itu terdapat juga puncak pada  $530 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan Fe-O dan terdapat juga puncak pada  $460 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan Ba-O.

*(HalamanIniSengajaDikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian

#### 3.1.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

### 3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferrit



**Gambar 3.2** Diagram Alir Sintesa BaM

---

## 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Nanoselulosa

Nanoselulosa digunakan sebagai reinforced pada komposit. Nanoselulosa didapat dari pembelian di Blue Goose Biorefineries inc Canada yang di tunjukan oleh Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Nanoselulosa

2. Serat Bambu Betung

Serat bambu betung digunakan sebagai reinforced pada komposit. Serat bambu betung di tunjukan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Serat Bambu Betung

3. NaOH

NaOH yang digunakan berbentuk bongkahan-bongkahan kecil berwarna putih yang digunakan untuk proses alkalisasi serat seperti pada Gambar 3.5. NaOH yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.5 NaOH**

4.  $H_2O_2$

$H_2O_2$  yang digunakan berbentuk cairan bening yang digunakan untuk proses alkalisasi serat seperti pada Gambar 3.6  $H_2O_2$  yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.



**Gambar 3.6  $H_2O_2$**

5. *Silicone rubber RTV 585*

*Silicone rubber RTV 585* yang digunakan berbentuk cairan kental berwarna putih sebagai matriks dari material komposit seperti pada Gambar 3.7 *Silicone rubber RTV 585* yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya



Surabaya.



**Gambar 3.7** Silicone Rubber RTV 585

6. *Bluesil Catalyst*

*Bluesil Catalyst* merupakan bahan katalis yang digunakan dalam pembuatan komposit *silicone rubber* yang berwarna bening seperti pada Gambar 3.8. Bluesil catalyst yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.



**Gambar 3.8** Katalis Bluesil

7. NaCl

NaCl yang digunakan berbentuk serbuk yang berwarna putih seperti pada Gambar 3.9. NaCl yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



**Gambar 3.9** NaCl

8. Hexane

Hexane yang digunakan berwarna bening untuk pelarut dari silicon rubber RTV 585 seperti pada Gambar 3.10. Hexane yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



**Gambar 3.10** Hexane

9. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )

Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) yang digunakan berwarna putih. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.11. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.11**  $\text{BaCO}_3$

10. Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang digunakan berwarna merah bata. Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.12. Serbuk Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.12**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

11. Serbuk Zn

Serbuk Zn yang digunakan berwarna abu-abu. Serbuk Zn merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Serbuk Zn

## 12. Alkohol

Alkohol yang digunakan adalah alkohol 96% berbentuk cairan berwarna bening seperti pada Gambar 3.14. Alkohol 96% yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.14** Alkohol

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

#### 1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang digunakan seperti pada Gambar 3.15



**Gambar 3.15** Timbangan Digital

2. Planetary Ball Milling

*Planetary Ball Mill* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material ITS seperti pada Gambar 3.16.



**Gambar 3.16** *Planetary Ball Mill*

3. *Vacum Furnace*

Alat ini digunakan untuk proses kalsinasi serbuk hasil proses milling. Vacuum furnace yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.17.



**Gambar 3.17** Vacum Furnace

4. Penggaris  
Penggaris digunakan untuk mengukur dimensi spesimen.
5. Cetakan  
Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji.
6. Oven  
Oven digunakan untuk mengeringkan serat setelah perendaman dengan NaOH. Oven yang digunakan milik Laboratorium Inovasi Material di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Blender  
Digunakan untuk menghaluskan serat bambu betung.
8. Gunting  
Gunting digunakan untuk memotong serabut kelapa agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
9. *Hot Plate* dan *Stirrer*  
Alat ini digunakan untuk mengaduk dan mencampur larutan agar homogen. *Hot plate dan Stirrer* yang digunakan milik laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS Seperti pada Gambar 3.18.



**Gambar 3.18** Hot Plate dan Magnetic Stirrer

10. *Aluminium Foil*

Digunakan untuk melapisi cetakan agar tidak lengket.

11. Gelas Beaker

Alat ini digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan larutan.

12. Mesin *Shieving*

Mesin *sieving* yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material milik Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.19.



**Gambar 3.19** Alat *Sieving*

13. Alat Uji SEM

Alat SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Mesin FT – UB seperti pada Gambar

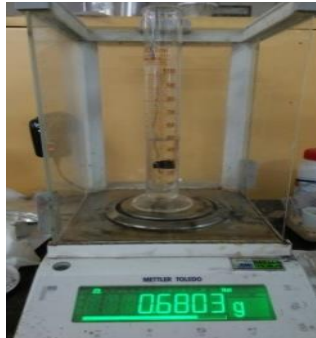
---

## 3.20.

**Gambar 3.20** Alat Uji SEM

## 14. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan kawat (*sample holder*) seperti pada Gambar 3.21.

**Gambar 3.21** Alat Uji Densitas



15. Alat Uji STC

Alat ini digunakan untuk mengukur koefisien serap suara sampel. Alat uji STC milik Laboratorium Akustik Material di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS seperti pada Gambar 3.22.



**Gambar 3.22** Alat Uji STC

16. Alat Uji *Vector Network Analyser* (VNA)

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro pada sampel milik Laboratorium Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung seperti pada Gambar 3.23.



**Gambar 3.23** Alat Uji VNA

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penambahan nanoselulosa 3% dan penambahan serat bambu 0%, 5%, 10%.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian pada Tabel 3.1 adalah rancangan penelitian yang dilakukan

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No	Spesimen Uji	Pengujian				
		SEM	VNA	Densitas	STC	FTIR
1	<i>Silicone Rubber</i> /nanoselulosa 3% / BaM 10%	V	V	V	V	V
2	SR/ nanoselulosa 3% / serbuk bambu 5% / BaM 10%	-	-	V	V	V
3	SR/ nanoselulosa 3% / serbuk bambu 10% / BaM 10%	V	V	V	V	V

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang dilakukan.

---

### 3.5.1.1 Pengolahan Serat

Pembuatan serat mikro Bambu betung adalah sebagai berikut:

1. Menjemur Bambu Petung selama  $\pm 2$  hari untuk menghilangkan kelembaban.
2. Membersihkan serat Bambu betung dari pengotor dengan air bersih
3. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah organik
4. Serat di-meshing untuk mendapatkan ukuran yang homogen  $\pm 60$  mesh
5. Melakukan alkalisasi pada serat Bambu betung dengan NaOH 2% selama 3 jam pada temperatur  $70^{\circ}\text{C}$  menggunakan *magnetic stirrer*
6. Mencuci sampel hasil alkalisasi dengan air distilasi sampai pengotor pada permukaan hilang
7. Menghilangkan kadar air serat dengan cara di-oven dengan temperature  $105^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam

### 3.5.1.2 Pengolahan Matriks

Pengolahan matriks menggunakan silikon RTV dilautkan dengan *Hexane* lalu kemudian ditambahkan garam dapur (NaCl).

### 3.5.1.2 Sintesis Barium Heksaferrite

Sintesis Barium M-Heksaferrit doping ion  $\text{Zn}^{2+}$  menggunakan metode *solid state* (Susmita, 2016) :

1. Serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dicampurkan dengan  $\text{BaCO}_3$  dan ditambahkan dengan serbuk  $\text{Zn}^{2+}$  sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam jar milling.



**Gambar 3.24** Pencampuran Bahan Barium Heksaferit

2. Dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sample : alkohol : bola baja adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) 30 menit.
3. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur 60°C dan didapatkan serbuk prekursor BAM.



**Gambar 3.25** Prekursor BaM

4. Prekursor BAM kemudian dikalsinasi pada temperatur 950°C selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BAM



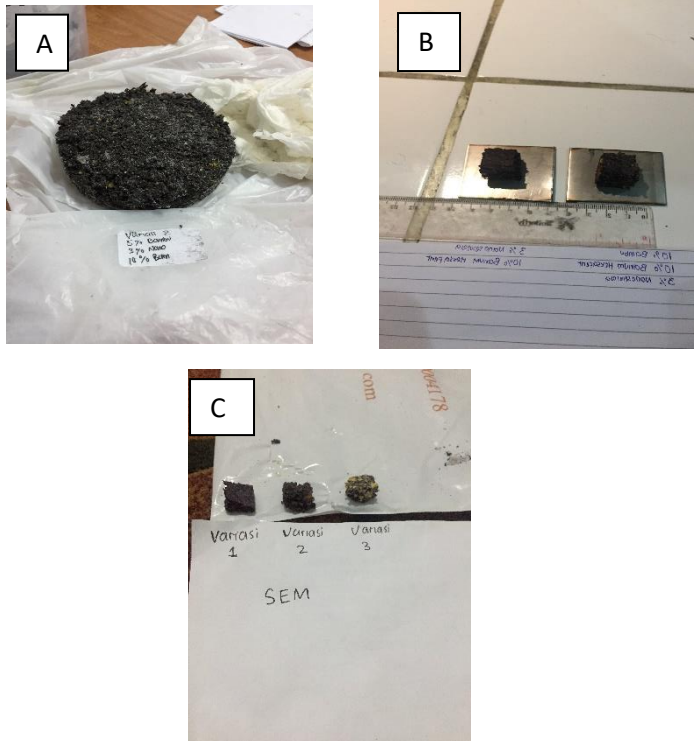
**Gambar 3.26** BaM yang Sudah Kalsinasi

### 3.5.1.3 Pembuatan Cetakan

Untuk cetakan uji absorpsi suara terbuat dari pipa PVC dengan diameter 110 mm dan tinggi 30 mm

### 3.5.1.4 Pembuatan Komposit

1. Karet silikon RTV 585 dan garam dapur (NaCl) dimasukkan dalam wadah lalu ditimbang sesuai perhitungan.
2. Karet silikon yang berupa *liquid* lalu dimasukkan ke wadah lain dan dicampur dengan *hexane* yang telah ditimbang sebelumnya. *Hexane* berfungsi untuk mengencerkan karet silikon tersebut agar mudah diaduk.
3. Proses pengadukan menggunakan *Magnetic Stirrer* dengan lama pengadukan selama 2 menit
4. Filler ditambahkan sesuai komposisi.
5. NaCl ditambahkan ke dalam campuran karet silikon, *hexane*, dan filler lalu diaduk kembali selama 2 menit.
6. Katalis jenis Bluesil 60R ditambahkan ke dalam campuran lalu diaduk secara manual selama 15 detik.
7. Campuran tersebut dikeringkan selama 60 menit pada temperatur 50°C untuk proses pematangan dan penguapkan *hexane*.
8. Setelah dikeluarkan dari oven, campuran yang sudah menjadi komposit tersebut dimasukkan ke dalam wadah berisi air hangat dan direndam selama 24 jam untuk menguapkan NaCl.



**Gambar 3.27** Spesimen komposit (A) uji STC (B) uji VNA dan (C) uji SEM

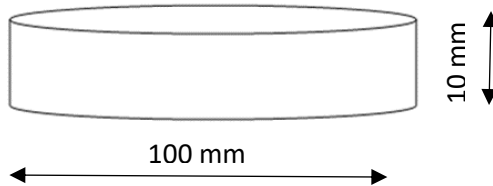
### 3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari.

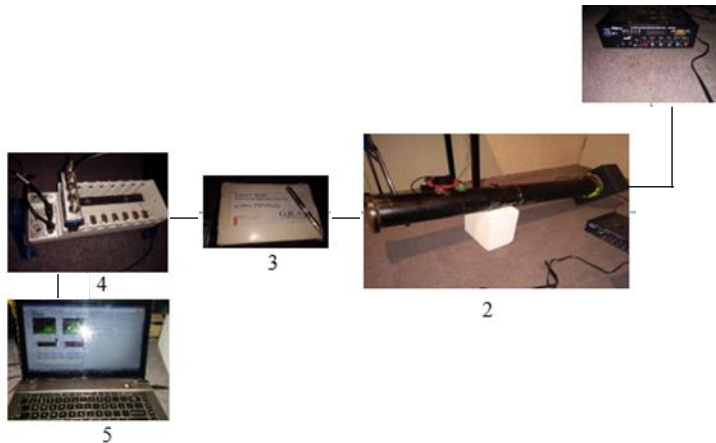
#### 3.5.2.1 Pengujian STC

Peralatan yang digunakan untuk mengukur STC adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E413. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS.

Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 3.28** Dimensi Spesimen Uji STC



**Gambar 3.29** Rangkaian Alat Uji STC

Rangkaian alat terdiri dari:

1. Amplifier : berfungsi sebagai sumber suara dari listrik yang diubah menjadi suara dan sebagai pengatur frekuensi yang akan dibutuhkan.
2. Tabung impedansi : sebagai tempat spesimen uji. Terbuat dari logam besi berdiameter 10 cm dan panjang 3 meter.

3. **Microfon** : sebagai penangkap sensor suara yang diberikan kepada tabung impedansi. Adapun di dalam pengujian ini microfon jenis G.R.A.S 40PH dipasang sebelum dan setelah spesimen uji. Sehingga ketika suara dengan frekuensi tertentu diberikan, suara datang akan ditangkap microfon 1 dan setelah melewati spesimen uji akan ditangkap oleh mikrofon 2.
4. **DAQ (*Data Aquisition*)** : sebagai pengolah data dari sensor suara yang akan diteruskan ke komputer. DAQ jenis NicDAQ-9178 dengan modul Ni9234 adalah yang digunakan dalam pengukuran.
5. **Komputer** : Sebagai pengolah data dari DAQ dan ditentukannya nilai STC.

Langkah dari pengujian STC diantaranya:

1. Memasukan Spesimen uji berbentuk tabung dengan diameter 10 cm ke dalam tabung impedansi dengan posisi melintang.
2. Memasang mikrofon pada daerah sumber bunyi dan daerah setelah suara melewati spesimen atau pada ujung ujung tabung impedansi. Mikrofon berfungsi sebagai sensor suara
3. Menghubungkan *amplifier* dengan sumber listrik dan speaker yang sudah dipasang di salah satu ujung tabung sebagai sumber suara. Suara yang diberikan dengan adalah 1/3 oktaf dengan range frekuensi 125 Hz s.d 4000 Hz yang diatur dengan amplifier. Gelombang suara yang diberikan dimulai dengan frekuensi yang paling rendah terlebih dahulu sampai frekuensi yang paling tinggi secara bertahap. Gelombang awal yang datang dari speaker ditangkap oleh mikrofon 1 dan gelombang akan terus berjalan ke arah spesimen. Gelombang yang ditransmisikan akan ditangkap oleh mikrofon 2 yang diletakkan setelah spesimen.
4. Hasil dari gelombang suara yang ditangkap oleh kedua mikrofon akan diolah oleh Ni cDAQ 9178 menjadi fungsi



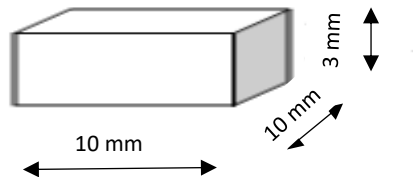
koding yang selanjutnya akan diproses oleh laptop dengan aplikasi LabView. Kemudian didapatkan dari nilai *transmission loss* pada pengujian.

*Sound Transmission Class* merupakan metode penilaian STL melalui udara dari dinding atau lantai / perakitan langit-langit pada frekuensi yang berbeda dengan menggunakan nomor tunggal.

STC dihitung dengan mengambil nilai-nilai Transmission Loss (TL) yang diuji pada 16 frekuensi standar pada kisaran 125 Hz hingga 4000 Hz dan diplot pada grafik. STC ditentukan dari nilai-nilai STL dari suatu perakitan dan diperoleh dari sistem yang diuji di laboratorium. Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E 413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM)

### 3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

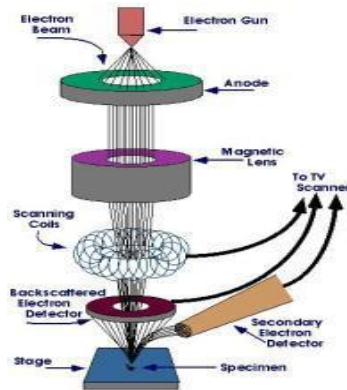
Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm.



**Gambar 3.30** Dimensi Spesimen SEM (Alldi,2015)

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut, sebuah pistol elektron akan memproduksi sinar elektron, kemudian elektron tadi dipercepat oleh anoda, setelah itu lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, elektron telah fokus tadi

memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai, ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).



**Gambar. 3.31** Prinsip Kerja SEM (Alldi,2015)

Pembuatan spesimen SEM diambil dari sisa spesimen uji STC kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar. Adapun spesifikasi alat dari mesin SEM di Departemen Teknik Mesin Universitas Brawijaya adalah :

1. *Tipe : Phenom<sup>TM</sup> G2 pro*
2. *System : imaging module, 19" touch-screen monitor, rotary knob, mouse, diaphragm vacuum pump, power supply, USB 2.0 flash drive*
3. *Imaging modes : light optical magnification 20-120 x, Electron optical magnification range : 80 - 45.000 x, Digital zoom max 12 x*
4. *Illumination : Light optical selectable axial and off-axis LEDs, Electron Optical long-lifetime thermionic source, Acceleration Voltage 5 kV, Resolution 25 nm.*

5. *Digital image* : *Light Optical color navigation camera, Electron Optical high-sensitivity backscattered electron detector*
6. *Image format* : *JPEG, TIFF, BMP*
7. *Image resolution* : *456 x 456, 684 x 684, 1024 x 1024, 2048 x 2048 pixels*
8. *Pixel resolution* : *2,9 nm*
9. *Sample size* : *25 mm (dia) x 30mm (h)*
10. *Sample loading* : *Light optical <5s, Electron Optica <30s*
11. *Dimension & weight* : *Imaging module 286 (w) x 566 (d) x 495 (h) mm 50kg, Diaphragm Vacum 145 (w) x 220 (d) x 213 (h) mm 4,5 kg, Power supply 156 (w) x 300 (d) x 74 (h) mm 3 kg, Monitor 375 (w) x 203 (d) x 395 (h) mm 7,9 kg*
12. *Ambient Temp* : *15°C ~ 30°C (59 F ~ 86 F)*
13. *Humidity* : *< 80 % RH*
14. *Power* : *Single-Phase AC 110-240 Volt 50/60 Hz, 300 W (max)*

### 3.5.2.3 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standar ASTM D792. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi suara. Perhitungannya adalah dengan mencari *specific gravity* terlebih dahulu yaitu dengan cara sebagai berikut:

$$\text{sp gr } 23/23^{\circ}\text{C} = a/(a + w - b) \quad (3.1)$$

Dimana:

$a$  = masa spesimen, tanpa wire atau sinker di udara

$b$  = massa specimen, saat tercelup semua ke dalam air atau larutan lain

sp = Specific Gravity

$w$  = massa total sinker atau wire yang tercelup

---

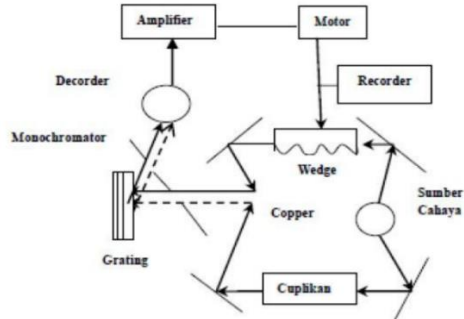
setelah mendapat *specific gravity*, kita dapat menghitung densitas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D^{23C}, \text{ kg/m}^3 = \text{sp gr } 23/23^{\circ}\text{C} \times 997.5 \quad (3.2)$$

### 3.5.2.4 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Spektroskopi FTIR (*fourier transform infrared*) merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Harmita 2006).

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) merupakan teknik analitik yang digunakan untuk mengidentifikasi material organik (dalam beberapa kasus juga pada material anorganik). Teknik ini mengukur absorpsi panjang gelombang cahaya infrared yang dipancarkan oleh material yang diuji. Pita absorpsi infrared ini menunjukkan struktur dan komponen molekul tertentu.



**Gambar 3.32** Skema Uji FTIR (Zhou,2000)

Adapun Spesifikasi Alat dari Mesin FTIR Nicolet IS10 adalah:

*Height (Metric)* : 250 mm

*Weight (Metric)* : 33 kg

*Accepts* : SMART Accessories, TGA-IR, Continuum Microscope, Photoacoustic, Most Standard Accessories

*Applications* : Biodiesel Blending Analysis; Gemstone Analysis; Polymers and Plastics; QA/QC; Pharmaceuticals; Forensics

*Humidity* : Tightly sealed to resist ambient humidity.

*Width (Metric)* : 570 mm

*Interface* : PC USB 2.0

*Beam Splitter* : KBr/Ge mid-infrared optimized (standard); XT-KBr/Ge extended range mid-infrared (optional)

*Laser* : HeNe

*Performance Verification* : ASTM E1421 to meet customer ISO/GLP requirements,

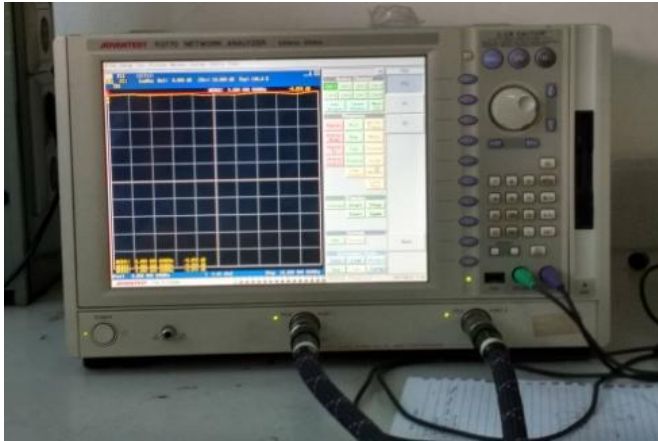
*Components* : Mid-infrared Ever-Glo and Tungsten/halogen (both are user replaceable from sample compartment)

<i>Power Supply</i>	: 100-240 V 50/60 Hz
<i>Depth (Metric)</i>	: 550mm
<i>Source Type</i>	: Mid-infrared Ever-Glo and Tungsten/halogen (both are user replaceable from sample compartment)
<i>Spectral Range</i>	: 7800-350 $\text{cm}^{-1}$ optimized, mid-infrared KBr beamsplitter 11000-375 $\text{cm}^{-1}$ XT KBr extended range mid-infrared optics.
<i>Description</i>	: The Nicolet iS10 FTIR spectrometer is a complete infrared spectroscopy system for routine analytical needs, delivering the highest confidence in the verification and identification of materials.
<i>Spectral Resolution</i>	: Better than 0.4 wavenumber
<i>Detector Type</i>	: Fast recovery deuterated triglycine sulfate (DTGS) (standard); Liquid-nitrogen-cooled mercury cadmium telluride (MCT) (optional)
<i>Item Description</i>	: Nicolet iS10 FTIR Spectrometer

### 3.5.2.5 Pengujian VNA

Pengujian ini digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10MHz sampai 110 GHz. Pengukuran VNA dilakukan dilaboratorium Puspitek Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Bandung. Pada percobaan ini rentang frekuensi yang digunakan di kawasan X-band yaitu 8-12 GHz. Mekanisme pengambilan data VNA adalah dengan cara menembakkan gelombang elektromagnetik dengan alat pembangkit gelombang dengan range frekuensi X-Band melalui waveguide kemudian gelombang tersebut diteruskan dan di interpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik. Pengukuran VNA secara akurat

adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal ( $S_{11}$ ) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal ( $S_{21}$ ) (Nuraini, 2015).



**Gambar 3.33** Vector Network Analyzer(VNA) (Nuraini,2015)

Berikut langkah-langkah pada pengujian VNA (National Instruments, 2012).

1. Menyiapkan material komposit yang telah dilapiskan pada pelat baja dengan ukuran  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  dan ketebalan masing-masing 2, 4, dan 6 mm untuk pengukuran reflektifitas.
2. Melakukan preset jaringan analyzer dan sampel yang akan diuji.
3. Mengatur parameter sumber, termasuk frekuensi, daya dan format tampilan.
4. Kalibrasi manual atau menggunakan kalibrasi otomatis.
5. Meletakkan sampel di atas adaptor VNA (ukuran lubang  $1 \times 2 \text{ cm}^2$ ).
6. Melakukan pengukuran rugi refleksi ( $R_L$ ) pada sampel dengan menggunakan jaringan analyzer ADV ANTEST R3770 dalam rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz.

---

Hasil yang diperoleh berupa grafik perbandingan frekuensi X-Band 8-12 GHz terhadap data  $S_{11}$  sebagai rugi refleksi (dB).



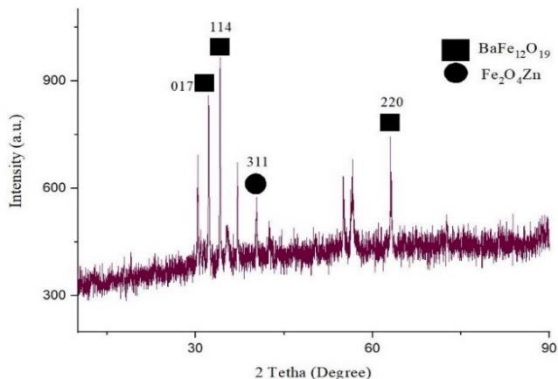
## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan pembuatan Komposit serat alam menggunakan *silicone rubber* sebagai matriks dan nanoselulosa, Serbuk Bambu Betung dan Barium Heksaferrit sebagai *filler* kemudian dilakukan analisa dari hasil pengujiannya untuk mengetahui morfologi, nilai absorpsi suara dan absorpsi gelombang mikro dari komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serbuk bambu betung/nanoselulosa.

#### IV.1 Hasil Pengujian XRD Barium Heksaferrit

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk atau terdapat pada suatu material. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut  $10^{\circ}$ - $90^{\circ}$  menggunakan panjang gelombang  $\text{CuK}\alpha$  sebesar 1.54 Å. Pola XRD serbuk BaM Doping Zn ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Hasil XRD BaM

Gambar 4.1 menunjukkan hasil XRD pada BaM yang terbentuk fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang merupakan fasa utama dari Barium M Heksaferrit. (Priyono, 2015) Pada material BaM doping 4.88% Zn

selain terbentuk fasa utama ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) juga terbentuk fasa kedua (sekunder) yaitu fasa  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  (PDF card 01-082-1049).

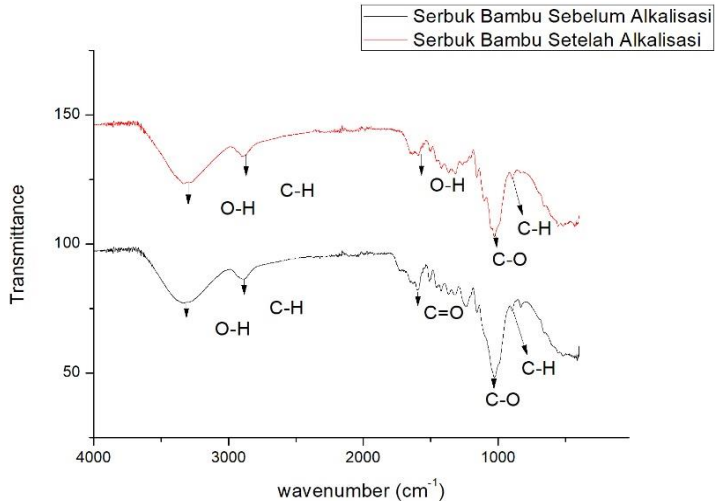
Hasil penelitian sebelumnya yang meneliti tentang hasil uji XRD pada BaM dopping Zn dan BaM non dopping Zn. Dapat dilihat pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel, hal ini mengindikasikan setiap sampel terbentuk fasa yang sama. Fasa utama yang terindikasi adalah fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (PDF#43-0002). Kesimpulan dari penelitian sebelumnya lebih efektif yang dopping Zn karena dapat menurunkan sifat magnetik dari BaM itu sendiri sehingga dapat menyerap gelombang radar lebih baik.(Pradana,2017)

Pada grafik pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn pada sampel penelitian sebelumnya menunjukkan terdapat 3 peak tertinggi pada posisi 2-theta yang menunjukkan terbentuknya fasa utama  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yaitu pada peak  $34.1546^\circ$  dengan indeks miller (1 1 4), pada peak  $32.2906^\circ$  dengan indeks miller (0 1 7), dan pada peak  $63.1173^\circ$  dengan indeks miller (2 2 0). Sedangkan pada grafik pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn pada sampel penelitian kali ini juga menunjukkan terdapat 3 peak tertinggi pada posisi 2-theta yang menunjukkan terbentuknya fasa utama  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yaitu pada peak  $34.1375^\circ$  dengan indeks miller (1 1 4), pada peak  $32.0253^\circ$  dengan indeks miller (0 1 7), dan pada peak  $63.0808^\circ$  dengan indeks miller (2 2 0). Dari grafik pola XRD Barium M-Heksaferrit dan dari posisi 2-theta pada 3 peak tertinggi pada kedua sampel diatas menunjukkan bahwa pada sampel Barium M-Heksaferrit pada penelitian kali ini memiliki posisi 3 peak tertinggi dengan fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  pada 2-theta yang menunjukkan posisi peak yang hampir sama dengan posisi 3 peak tertinggi pada sampel penelitian sebelumnya sehingga menunjukkan bahwa pada penelitian kali ini juga menunjukkan terbentuknya Barium M-Heksaferrit dengan Dopping Zn.

#### **IV.2 Hasil Pengujian FTIR Serat Bambu Betung**

Uji FTIR pada serat bambu betung dengan perlakuan alkalisasi dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia yang

terkandung dalam serat setelah dan sebelum proses alkalisasi. Perlakuan alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam serat. Hasil uji FTIR pada serat bambu betung di tunjukkan pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Hasil FTIR Serbuk Bambu Betung Sebelum dan Sesudah Alkalisasi

Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan grafik *peak* pada serat bambu betung sebelum dan sesudah alkalisasi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa ada *peak* yang hilang karena proses alkalisasi.

**Tabel 4.1** Daerah Serapan Infrared Serat Bambu Betung

Jenis Serat	Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Ikatan
Serat Bambu Sebelum Alkalisasi	3335,38	O-H Streching
	2889,40	C-H Streching
	1601,88	C=O Streching
	1420,15	C-H Deformasi
	1320,15	CH <sub>2</sub> Vibrasi
	1238,48	C-O Streching
	1027,90	C-O Streching
	896,73	C-H Streching
Serat Bambu Setelah Alkalisasi	3333,19	O-H Streching
	2893,09	C-H Streching
	1593,58	O-H Deformasi
	1420,09	C-H Deformasi
	1316,06	CH <sub>2</sub> Vibrasi
	1029,62	C-O Streching
	896,18	C-H Streching

Tabel 4.1 menunjukkan daerah serapan serat bambu sebelum dan sesudah perlakuan alkalisasi. Puncak serapan 3335,38 cm<sup>-1</sup> dan 3333,19 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah peregangan O-H.. Pada puncak 2889,40 dan 2893,09 cm<sup>-1</sup> adalah daerah C-H yang mengalami peregangan. Ikatan O-H dan C-H tersebut merupakan ikatan grup hidroksil dari ikatan hidrogen yang dimiliki selulosa (Senthamaraiannan, 2018, Poltak, 1976). Pada puncak 1420,15 cm<sup>-1</sup> dan 1420,09 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi aromatic C-H deformasi pada selulosa. Puncak 1320,15 cm<sup>-1</sup> dan 1316,06 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi CH<sub>2</sub> dalam selulosa (Poletto, 2012). Pada puncak 1027,90 cm<sup>-1</sup> dan 1029,62 cm<sup>-1</sup> merupakan peregangan ikatan C-O yang dimiliki oleh selulosa (Ozgenc, 2017).

Pada serat bambu sebelum alkalisasi, terdapat puncak serapan 1601,88 yang merupakan peregangan C=O. pada puncak 1601,88 merupakan ikatan lignin (Ozgenc, 2017). Pada puncak

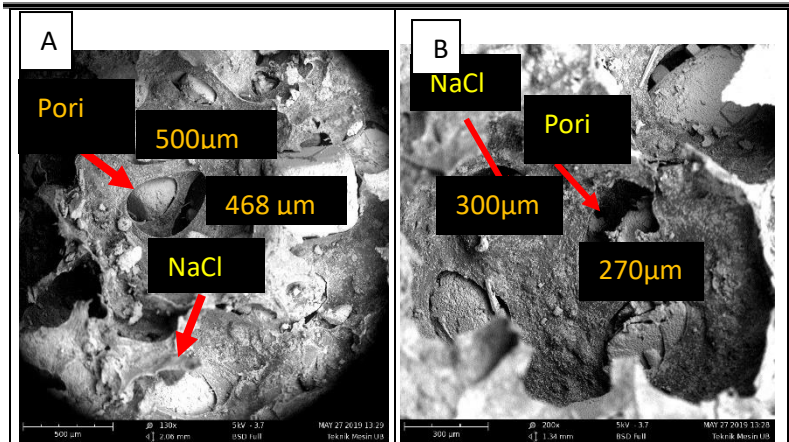
1238,48  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C-O yang dimiliki oleh lignin (Han, 2015).

Pada serat bambu setelah alkalisasi. Ikatan O-H deformasi pada daerah puncak 1593,58  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya penyerapan air pada selulosa (Lojewska, 2004). Pada puncak 896  $\text{cm}^{-1}$  merupakan peregangan C-H yang dimiliki oleh selulosa (Ozgenc, 2017). Pada puncak Wave number antara 3000 dan 3500  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan ikatan O-H mengalami peregangan akibat pengaruh alkalisasi. Perlakuan alkalisasi mereduksi ikatan hidrogen akibat penghilangan kelompok hidroksil dengan bereaksi bersama sodium hidroksida, sehingga meningkatkan konsentrasi –OH (Lojewska, 2004).

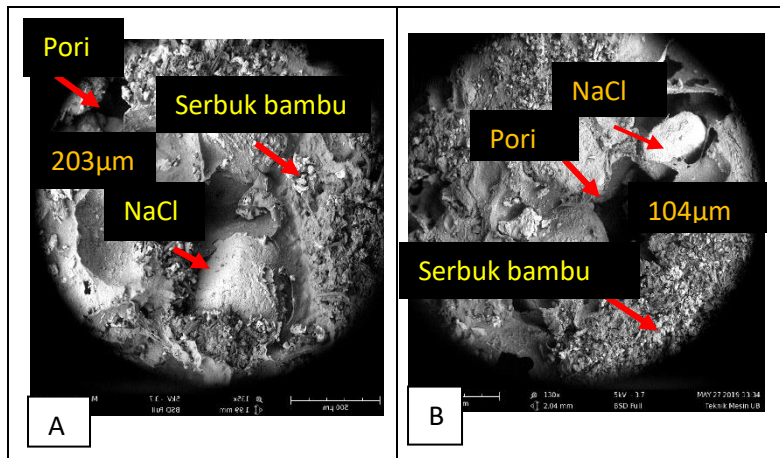
### **IV.3 Analisa Morfologi Komposit**

#### **IV.3.1 Hasil Pengujian SEM Pada Komposit**

Morfologi dari komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu betung/nanoselulosa ditunjukkan dengan fotomikrografi *Scanning Electron Microscope*. Pengujian morfologi ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Departemen Teknik Mesin FT UB. Hasil uji SEM pada Gambar 4.3 dan 4.4.



**Gambar 4.3** Hasil SEM pada Komposit Variasi 1 (3% Nano + 10% BaM) (A) perbesaran 130x dan (B) perbesaran 200x



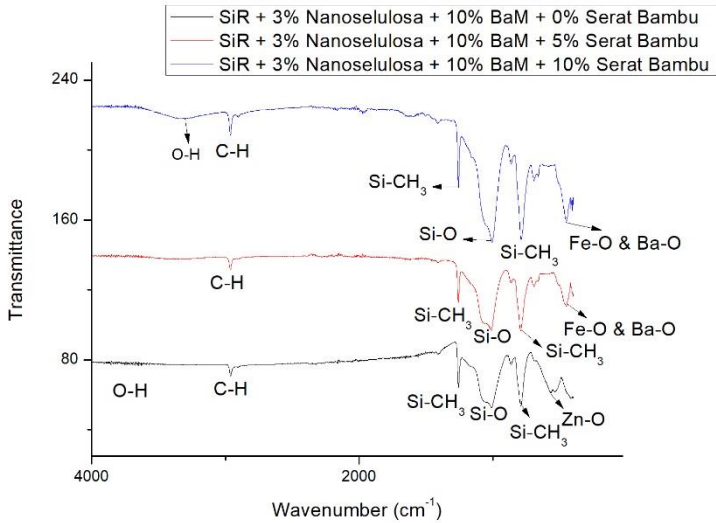
**Gambar 4.4** Hasil SEM Pada Komposit Variasi 3 (3% Nano + 10% Bambu + 10% BaM) (A) perbesaran 135x dan (B) perbesaran 130x

Gambar 4.43 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Silicone rubber/nanoselulosa/barium heksaferrite/serat bambu* betung dengan perbesaran 130x dan 200x. Morfologi yang tampak

berupa pori, serat, matriks *silicone rubber* dan titik titik putih yang tersebar. Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi 3% nanoselulosa + 10% BaM. Komposit ini memiliki jumlah pori yang relatif banyak dengan ukuran yang berbeda-beda. Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 3% nanoselulosa + 10% Bambu Betung + 10% BaM Komposit ini memiliki jumlah pori lebih sedikit dan ukurannya yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit *silicone rubber* dengan komposisi 3% nanoselulosa + 10% BaM. Hal ini dikarenakan bertambahnya fraksi massa serbuk bambu betung menjadikan pori semakin berkurang. Penambahan filler mengakibatkan ukuran pori tidak beraturan dan cenderung mengecil. Hal ini dikarenakan penambahan filler menyebabkan pori terdeformasi (Chen, 2012).

#### **IV.3.2 Hasil Pengujian FTIR pada Komposit**

Analisa FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan kimia yang ada pada komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu betung/nanoselulosa. Hasil uji FTIR pada komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu betung/nanoselulosa di tunjukan oleh gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Hasil Uji FTIR Pada Komposit *Silicone Rubber*/Barium Heksaferrit/Serat Bambu Betung/Nanoselulosa



**Tabel 4.2** Daerah Serapan Infrared Komposit

Komposit	Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Ikatan
<b>Variasi 1</b> 3% Nanoselulosa/10% BaM/SiR	3736,23	O-H Streching
	3691,25	O-H Streching
	3676,10	O-H Streching
	3650,26	O-H Streching
	3629,51	O-H Streching
	2961,02	C-H Streching
	1258,09	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	1011,18	Si-O Streching
	864,15	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	792,13	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
567,86	Zn-O	
<b>Variasi 2</b> 3% Nanoselulosa/5% Bambu/10% BaM/SiR	2962,03	C-H Streching
	1412,33	O-H Deformasi
	1258,72	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	1012,67	Si-O Streching
	863,85	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	793,47	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	694,47	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
455,44	Fe-O dan Ba-O	
<b>Variasi 3</b> 3% Nanoselulosa/10% Bambu/10% BaM/SiR	3334,71	O-H Streching
	2962,16	C-H Streching
	1258,02	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	1007,64	Si-O Streching
	864,36	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	788,85	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
	694,32	Si-CH <sub>3</sub> Vibrasi
452,29	Fe-O dan Ba-O	

Tabel 4.2 menunjukkan puncak serapan infrared dari ketiga komposit. pada puncak 3736,23–3334,71  $\text{cm}^{-1}$  merupakan daerah peregangan O-H. Pada puncak 2961,02  $\text{cm}^{-1}$  dan 2962,03  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan ikatan C-H yang mewakili gugus alkana. Pada puncak 1412,33 $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan O-H deformasi. Pada puncak 1258,09  $\text{cm}^{-1}$  , 1258,72  $\text{cm}^{-1}$  dan 1258,02  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan Si-CH<sub>3</sub> vibrasi yang mewakili gugus fungsi silikon organik. Pada puncak 1011,18  $\text{cm}^{-1}$  , 1012,67  $\text{cm}^{-1}$  dan 1007,64  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan Si-O yang mewakili gugus siloksan. Pada puncak 864,15  $\text{cm}^{-1}$  , 863,85  $\text{cm}^{-1}$  dan 864,36  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan Si-CH<sub>3</sub> vibrasi yang mewakili gugus silikon organik. Pada puncak 792,13  $\text{cm}^{-1}$  , 793,47  $\text{cm}^{-1}$  dan 788,85  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan Si-CH<sub>3</sub> vibrasi yang mewakili silikon organik. Pada puncak 567,86  $\text{cm}^{-1}$  menunjukan ikatan Zn-O. Pada puncak 455,44  $\text{cm}^{-1}$  dan 452,29  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan Fe-O dan Ba-O.

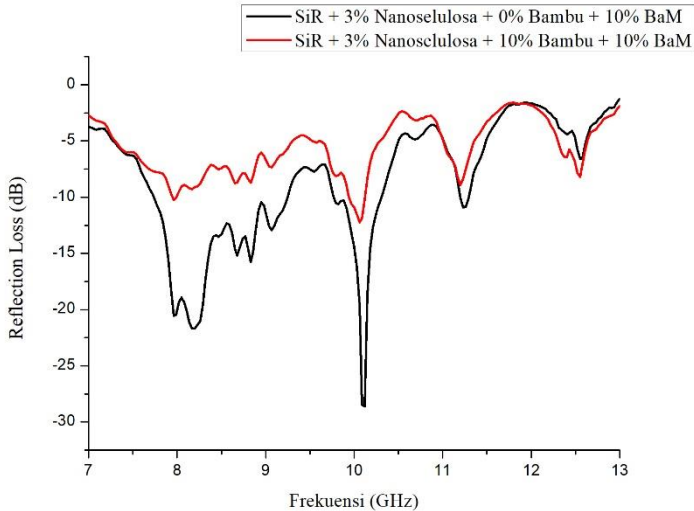
Pada puncak 3736,23-3334,71  $\text{cm}^{-1}$  menunjukan ikatan O-H. Pada gelombang 3700-3300  $\text{cm}^{-1}$  Semakin tajamnya puncak serapan gugus –OH ini disebabkan oleh gugus asam dan alkohol yang terdapat pada nanoselulosa. Pada puncak, 2962,03  $\text{cm}^{-1}$  dan 2961,02  $\text{cm}^{-1}$ . Pada pergeseran bilangan gelombang 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus fungsi –CH merupakan pergeseran serapan nanoselulosa. Semakin tajam puncak serapan vibrasi ulur gugus fungsi –CH dipengaruhi oleh transformasi perubahan ikatan inter dan intramolekul selulosa. (Liska,2018). Pada puncak 1258,09-1258,72-1258,02  $\text{cm}^{-1}$  , 1011,18-1012,67-1007,64  $\text{cm}^{-1}$  , 864,15-863,85-864,36  $\text{cm}^{-1}$  dan 792,13-793,47-788,85  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak serapan dengan ikatan kimia yang menunjukkan, ikatan Si-CH<sub>3</sub> vibrasi dan peregangan ikatan Si-O yang mewakili gugus silikon organik, dan siloksan yang menjadi ciri khas *silicone rubber* (Dhani,2017). Pada gelombang kurang dari 1000  $\text{cm}^{-1}$  dikatakan daerah ini terdapat ikatan metal oxide, karena terdapat ikatan kimia yang merupakan karakteristik barium heksaferrit sehingga menunjukkan adanya barium heksaferrit dengan ikatan Fe-O , Zn-O dan Ba-O pada ketiga spesimen komposit. Gugus ikatan Zn-O terdapat di puncak

---

serapan  $567,86 \text{ cm}^{-1}$  terjadi karena adanya penambahan doping Zn-O pada proses sintesa barium heksaferrit dan untuk gugus ikatan Fe-O dan Ba-O terdapat di puncak  $455,44$  dan  $452,29 \text{ cm}^{-1}$ . didukung oleh penelitian terdahulu yaitu pernyataan dari (Susilawati,2015) yang menyatakan bahwa karakteristik pada rentang puncak antara  $415 \text{ cm}^{-1}$  sampai  $570 \text{ cm}^{-1}$  adalah karakteristik pada ikatan logam oksigen yang merupakan karakteristik dari barium heksaferrit.

#### **IV.4 Hasil Pengujian VNA**

Pengujian Vector Network Analyzer (VNA) ditujukan untuk mengukur nilai rugi refleksi material komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu/nanoselulosa. Alat yang digunakan adalah analyzer ADV ANTEST R3770, pengujian dengan VNA dilakukan dengan rentang frekuensi 8-12 GHz yang merupakan operasi gelombang mikro untuk teknologi militer. Mekanisme pengambilan data VNA adalah gelombang elektromagnetik ditembakkan dengan alat pembangkit gelombang pada range frekuensi X-Band melalui *waveguide* kemudian gelombang tersebut diteruskan dan di interpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Grafik Hasil Pengujian VNA

Gambar 4.6 terlihat pada komposit SR + 3% Nanoselulosa + 10% BAM dapat dilihat nilai rugi refleksi terbesar adalah -28,034 dB pada frekuensi 10,097 GHz. Sedangkan pada komposit SR + 3% Nanoselulosa + 10% Bambu nilai rugi refleksi terbesar adalah -12,049 dB pada frekuensi 10,071 GHz.

Penambahan serbuk bambu betung pada sampel menyebabkan nilai rugi refleksi komposit silicone rubber/barium heksaferrit/serat bambu betung/nanoselulosa menurun. Penurunan nilai rugi refleksi tersebut disebabkan oleh serat bambu betung yang merupakan isolator. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

Nilai rugi refleksi yang makin negatif yang mana berarti penyerapan gelombang elektromagnetik oleh material tersebut

---

semakin besar. Hal ini di karenakan pada saat gelombang datang mengenai material yang sudah di lapsi BAM maka gelombang tersebut akan masuk ke dalam material RAM dan kemudian akan bertumbukan dengan partikel-partikel dalam material tersebut. Akibat adanya tumbukan inilah gelombang kehilangan energi sehingga gelombang tidak akan terpantul kembali.(Zainuri, 2016)

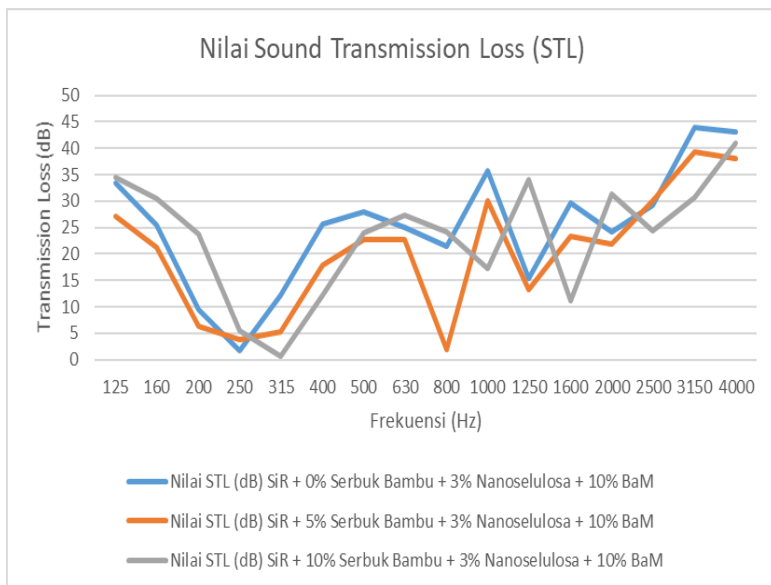
#### **IV.5 Hasil Pengujian STC**

STC merupakan kependekan dari sound transmission class merupakan kemampuan rata-rata transmission loss suatu bahan dalam mereduksi suara dari berbagai frekuensi. Dengan semakin tingginya STC, maka semakin bagus bahan tersebut dalam mereduksi suara. Dalam mereduksi suatu bunyi, STC bisa digolongkan berdasarkan berbagai rentang nilai desibel. Pengujian STC dilakukan di Jurusan Teknik Fisika ITS. Hasil pengujian STC dapat dilihat pada tabel 4.3

**Tabel 4.3** Nilai STL Pada Komposit

Frekuensi (Hz)	Nilai STL (dB)		
	SiR + 0% Serbuk Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM	SiR + 5% Serbuk Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM	SiR + 10% Serbuk Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM
125	33,5	27,19	34,54
160	25,55	21,21667	30,53
200	9,41	6,33	23,68
250	1,77	3,883333	5,5
315	12,26	5,2	0,75
400	25,76	17,87667	12,25
500	27,93	22,76667	23,91
630	24,99	22,73	27,25
800	21,4	1,893333	24,12
1000	35,84	29,99933	17,28
1250	15,47	13,31667	34,06
1600	29,73	23,31333	11,23
2000	24,28	21,92667	31,37
2500	29,19	30,01	24,5
3150	43,94	39,34	30,79
4000	43,09	38,03	40,9
STC	16	7	14

Pada tabel 4.3 hasil pengujian STC menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara dari ketiga spesimen. Berdasarkan hasil pengujian, nilai transmission loss dari ketiga spesimen mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan setiap frekuensi memiliki ciri khas dalam mengurangi energi suara yang dinyatakan bahwa pengurangan energi suara tiap frekuensi bersifat logaritmik sehingga tidak selalu berbanding lurus dengan yang lain (Warnock, 2017). Nilai *Transmission Loss* di Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Grafik Nilai *Transmission Loss* Komposit

Dari gambar 4.7 grafik diatas variasi 1 memiliki hasil paing baik di frekuensi 3150 Hz dapat menyerap 43,94 dB tetapi sangat rendah di frekuensi 250 Hz dan memiliki nilai rata-rata keseluruhan (STC) sebesar 16. Dari grafik variasi 2 memiliki hasil paling baik di frekuensi 3150 Hz dapat menyerap 39,34 dB tetapi sangat rendah di frekuensi 800 Hz dan memiliki nilai rata-rata keseluruhan (STC) sebesar 7. Dari grafik variasi 3 memiliki hasil

paling baik di frekuensi 4000 Hz dapat menyerap 40,9 dB tetapi sangat rendah di frekuensi 315 Hz dan memiliki nilai rata-rata keseluruhan (STC) sebesar 14 Pada komposit (variasi 2) *silicone rubber* 3% nano + 5% bambu + 10% BaM dan (variasi 3) *silicone rubber* 3% nano + 10% bambu + 10% BaM terjadi peningkatan nilai STC, karena dengan penambahan serbuk bambu dapat meningkatkan serap suara. Hal ini juga tidak terlepas dari banyaknya pori yang terbentuk. Dengan meningkatnya porositas pada komposit, maka nilai penyerapan suara akan meningkat (Nandanwar, 2017). Hal tersebut sesuai dengan teori korelasi antara nilai densitas komposit dengan nilai STC, dimana semakin kecil densitas yang dimiliki oleh komposit maka nilai STC dari suatu material semakin besar (Alim,2017) Oleh karena itu, SiR + 3% Nanoselulosa + 10% BaM memiliki nilai STC tertinggi sebesar 16 karena memiliki nilai densitas terendah dan jumlah pori yang cenderung banyak(dibuktikan pada hasil SEM).

#### IV.6 Hasil Pengujian Densitas

Pengujian Densitas dilakukan dengan mengukur massa spesimen di udara dan spesimen di dalam air dengan dimensi 1x1 x1cm. Pengaruh penambahan filler pada komposit *Silicone Rubber* Berpori terhadap densitas komposit di tunjukan oleh tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Pengaruh variasi komposisi terhadap nilai densitas

Spesimen	Nilai Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
(3% Nano + 10% Bam+SiR)	1,098
(3% Nano + 5% Bambu +10% Bam +SiR)	1,296
(3% Nnao + 10% Bambu + 10% Bam + SiR)	1,562

Tabel 4.4 menunjukkan densitas komposit SiR + 3% Nanoselulosa + 10% Bam sebesar 1,098 gr/cm<sup>3</sup>, komposit SiR + 3% Nanoselulosa + 5% Serat Bambu Betung +10% BaM sebesar



---

1,296 gr/cm<sup>3</sup>, komposit SiR +3% Nanoselulosa + 10% Serat Bambu Betung +10% BaM sebesar 1,562 gr/cm<sup>3</sup>.

Menunjukkan pengaruh penambahan serat Bambu Betung terhadap komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu betung. Semakin banyak serat yang ditambahkan densitas dari komposit semakin meningkat, hal ini disebabkan karena massa jenis serat bambu betung lebih besar dari massa jenis *silicone rubber*. Penambahan filler yang memiliki massa jenis lebih besar dari pada matriks menyebabkan densitas komposit menjadi lebih besar (Yusuf dan Farid ,2016). Hasil uji SEM komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat bambu betung menunjukkan penambahan serat akan menyebabkan tertutupnya pori pada komposit sehingga kerapatan dari komposit semakin besar. Dengan semakin besarnya kerapatan komposit maka densitas komposit akan semakin besar.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai STC tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber* + 3% Nanoselulosa+10% BaM dapat menyerap 45 dB dan memiliki nilai rata-rata STC sebesar 16 pada frekuensi 3000 Hz.
2. Nilai absorpsi gelombang elektromagnetik tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber* + 3% Nanoselulosa +10% baM sebesar -28,034 dB pada frekuensi 10,097 GHz.
3. Morfologi komposit *silicone rubber* berpenguat barium heksaferrit ,serat mikro bambu betung dan nanoselulosa yang terbentuk berupa pori, serat, dan NaCl yang tersebar. Penambahan serat akan menyebabkan pori tidak teratur dan semakin kecil.

#### 5.2 Saran

1. Menambahkan material konduktor untuk meningkatkan nilai absorpsi gelombang elektromagnetik.
2. Spesimen uji dibuat minimal dua buah untuk setiap pengujian agar mendapatkan tren perbandingan pada hasilnya.
3. Menggunakan fraksi massa Barium Heksaferrit yang lebih besar agar nilai rugi refleksi menunjukkan tren yang lebih baik.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M. Istajarul. Masalah. Anggoro, Dicky. 2017. **Pengukuran Transmission Loss (TL) dan Sound Transmission Class (STC) Pada Suatu Sampel Uji.** Surabaya. Laboratorium Akustik.
- Alldi, Nurisiyantoro 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.
- ASTM D729-08. **Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.** ASTM Subcommittee D20.70.
- 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 E2809, **Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations,** Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Casey, J.P. 1980. **Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology Vol. I : Pulping and Bleaching. Third Edition.** Wild Interscience Publication. New York.
- Chen Wen Shan, 2012. **Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fiber and Tyre Particles.** Malaysia : UTHM.
- Ciullo, Peter A.. 1996. **Industrial Minerals and Their Uses "A handbook and formulary"**. Noyes Publications
- Doelle, Leslie L. 1993. **Akustik Bangunan.** Jakarta : Erlangga

- 
- Egan, M. David. 1972. **Architectural Acoustics**. New York: McGraw-Hill Company, Inc.
- Farid dan Afira. 2017. **Studi Sifat Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Berpenguat Nanoselulose Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit**. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
- Gibson, R. F., 1994, **Principle Of Composite Material Mechanic**, McGrawHill
- Halliday, David dan Robert Resnic.1992.**Fisika**. Jakarta: Erlangga
- Han, Hongchang. 2015. **Study of Agro-Composite Hemp/Polypropylene: Treatment of Fibers, Morphological and Mechanical Characterization**. Prancis. Ecole Doctorale "Sciences et Technologies".
- Han, S.J., Y. J. Yoo, H.S. Kang. 1995. **Characterizatin of Bifunctional Cellulase and its Structural Gene**. J. Biol. Chem. 270: 26012-26019.
- Haygreen, J. G. dan Bowyer, J. L. 1996. **Hasil Hutan dan Ilmu Kayu**, Terjemahan H.A.Sutjipto, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Indra, Bathara dan Moh. Farid. 2017. **Pengaruh Fraksi Berat Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Bahan Akustik Polypropylene/Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Aplikasi Door Panel Mobil**. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
- Janssen, J.J.A. (1987). **“The Mechanical Properti Bamboo”**: 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People’s Republic of China, and **IDRC, Canada**
- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L., (2010), **“Poly(aniline-co-o-toluidine)/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Composite: Preparation and Characterization”**, *Materials Letters*, Vol.64, Hal.888–890.
- Jones, R. M., 1975, **Mechanis Of Composite Materials**, Hemisphere
-

- 
- Jorge P. Arenas and Malcolm J. Crocker , 2010. ***Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials*** , University Austral of Chile, Valdivia, Chile and, Auburn University, Auburn, Alabama, Sound and Vibration.
- Kanagesan S., Hashim M., Jesurani S., Kalaivani T., Ismail I., (2013), “**Influence of Zn–Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite**”, Springer.
- Krevelen, D. W. Van. 1994. **Properties of Polymers, Their Correlation with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction from Additional Group Contributions**, Threed Edition. Elsevier Science B. V. Amsterdam. Nederlands. Hlm 33.
- 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. **Anatomy of Bamboo. Bamboo Research in Asia**. Proceedings of Workshop Held on Singapore.
- Loelovich,M. 2012. **Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. Nanocrystals and Nanotechnology**. 2(2) 9-13.
- Lojewska, P. Miskowicz, T. Lojewski, L. M. Proniewicz, “**Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach**” *Polymer Degradation and Stability* 88 (2005) 512-520
- Lokantara Putu, Suardana, N P G, (2007), **Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy**, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* Vol. 1 No. 1, (15-21).
- Lutfi, Zulhelmi dan Moh. Farid. 2017. ***Studi Sifat Mekanik dan Fisik Bahan Akustik Silicone Rubber Berpenguat Filler Cangkang Kelapa Sawit***. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
-

- 
- Mallick, P.K., 2007, **Fiber Reinforced Composites Material**, Manufacturing and Design, CRC Press, New York. pp.49-78.
- M. Farid et.al., “ **Improvement of Acoustical Characteristic : Wideband Bamboo Based Polymer Composite**”. J. Materials Science and Engineering. Vol. 233, (2017) 011021
- M. Farid et.al,”**Nanocellulose Based Polymer Composite for Acoustical Materials**”. AIP Conference Proceedings. Vol. 1945,(2018) 020025
- MRTFC,Warnock A.C.C.2018. **Understanding and Improving Sound Transmission Loss**. Forest and Wood Products Research and Development Corporation, Australia.
- Nandanwar Anand, M. C. Kiran. 2017. “*Influence of Density on Sound Absorption Coefficient of Fibre Board*”. Open Journal of Acoustic 7:1-9.
- Odian, George. 2004. **Principles of Polymerization Fourth Edition**. Jhon Wiley & Sons, Inc. New Jersey
- Owens, Michael J. 2012. **Advance in Silicone Science 4 - Series Editor : J. Matisons “Silicone Surface Science”**. Springer
- Ozgenç, Ozlem. Durmaz, Sefa. Kustas, Suleyman. 2017. **Chemical Analysis of Tree Barks using ATR-FTIR Spectroscopy and Conventional Techniques**. Turkey. “Tree bark analyses,” BioResources 12(4), 9143-9151.
- P. SenthamaraiKannan, M. Kathiresan. 2018. **Characterization Of Raw And Alkali Treated New Natural Cellulosic fiber From Coccinia Grandis**. Carbohydrate Polymers 186 : 332–343
- Parker, H and J. Ambrose. 1986. **Simplified Mechanics and Strength of Material**. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Son. New York.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. **Biodegradation and biological treatments**
-



- 
- cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. Int. Microbiol.** 5:53-63.
- Poletto, Matheus. Zattera, Ademir J. Santana, Ruth M. C. 2012. **Structural Differences Between Wood Species: Evidence from Chemical Composition, FTIR Spectroscopy, and Thermogravimetric Analysis**
- Priyono, Prasongko W.G., (2013), “**Pembuatan Material Magnetik Komposit BaFeMn<sub>0.75</sub>Co<sub>0.75</sub>Ti<sub>1.5</sub>O<sub>19</sub>/Elastomer untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik**”, Jurnal Sains dan Matematika, Vol.21, No.1, Hal.15-19
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. “**modern physical metallurgy and materials engineering**”, Hill International Book Company, New York.
- Saha, B.C. 2004. **Lignocellulose Biodegradation and Application in Biotechnology**. US Government Work. American Chemical Society. 2-14.
- Shoshani, Y. Z. 2011. *Effect of Nonwoven Bacing on the Noise Absorption Capacity of Tufted Carpets*. Textile Research Journal, 60, 452-456
- Sjostrom, E. 1995. **Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaan Edisi Kedua**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Skolnik M.I., (1981), “**Introduction to Radar Systems**”: *Second Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya : ITS Press.
- Surdia, T.; Saito, S., 1992, **Pengetahuan Bahan Teknik**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Triyastiti, Liska. Krisdiyanto, Didik. 2018. **Isolasi Nanokristal Selulosa Dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA)**. Yogyakarta. Indonesian Journal of Materials Chemistry, Vol 1. No.1, 2018, 39-45.
-

- 
- Wirajaya A. 2007. *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*. ITB BANDUNG.
- Sulthoni, Yusuf dan Moh. Farid. 2016. *Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa Serat Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik pada Komposit Polyurethane/Coir Fiber*. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.

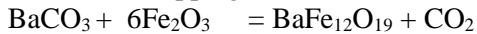
**LAMPIRAN**  
**PERHITUNGAN MASSA BARIUM HEKSAFERRIT**

Ar. Ba = 137,34

Ar. Fe = 55,84

Ar. O = 15,98

a. BAM Non Dopping



$$\text{Mr. BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 1111,04 \text{ g/mol}$$

$$n. \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = \frac{12}{1111,04} = 0,0108 \text{ mol}$$

Massa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang diinginkan seberat 12gr

Kebutuhan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

$$n. \text{Fe}_2\text{O}_3 = 6 \times 0,0108 = 0,0648 \text{ mol}$$

$$\text{massa Fe}_2\text{O}_3 = 0,0648 \times \text{Mr. Fe}_2\text{O}_3$$

$$= 0,0648 \times 159,6882$$

$$= 10,347 \text{ gram}$$

Kebutuhan  $\text{BaCO}_3$ :

$$n. \text{BaCO}_3 = 0,0108 \text{ mol}$$

$$\text{massa BaCO}_3 = 0,0108 \times \text{Mr. BaCO}_3$$

$$= 0,0108 \times 197,3359$$

$$= 2,131 \text{ gram}$$

b. BAM Dopping



$$\text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 = (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882$$

$$= 9,916 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan BaCO}_3 = 2,131 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan Zn} = (0,5 \times 0,0108) \times 65,38$$

$$= 0,353 \text{ gram}$$

---

**LAMPIRAN**  
**PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN**

**A. Massa Spesimen Absorpsi Suara**

Massa Total = 200 gram

- 0% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR
 

Massa BaM	= 0,1 x 200 gram	= 20 gram
Massa Nano	= (0,03 x 78,5 x 1,6)	= 3,768 gram
Massa SR	= (2/13)x(200-20-6)	= 26,77gram
Massa Heksana	= (3/13)x(200-20-6)	= 40,15 gram
Massa NaCl	= (8/13)x(200-20-6)	= 107,08 gram
Massa Bluesil	= 0,02 x 200 gram	= 4 gram
- 5% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR
 

Massa Serat	= 0,05 x 200 gram	= 10 gram
Massa Nano	= (0,03 x 78,5 x 1,6)	= 3,768 gram
Massa BaM	= 0,1x200 gram	= 20 gram
Massa SR	= (2/13)x(200-20-6-10)	= 25,23 gram
Massa Heksana	= (3/13)x(200-20-6-10)	= 37,85 gram
Massa NaCl	= (8/13)x(200-20-6-10)	= 100,92gram
Massa Bluesil	= 0,02 x 200 gram	= 4 gram
- 10% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR
 

Massa Serat	= 0,1 x 200 gram	= 20 gram
Massa BaM	= 0,1 x 200 gram	= 20 gram
Massa Nano	= (0,03 x 78,5 x 1,6)	= 3,768 gram
Massa SR	= (2/13)x(200-20-6-20)	= 23,69 gram
Massa Heksana	= (3/13)x(200-20-6-20)	= 35,54 gram
Massa NaCl	= (8/13)x(200-20-6-20)	= 94,77 gram
Massa Bluesil	= 0,02 x 200 gram	= 4 gram

**B. Massa Spesimen Uji VNA**

Massa Total = 8 gram

- 0% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR
 

Massa BaM	= 0,1 x 8 gram	= 0,8 gram
Massa Nano	= (0,03 x 1 x 1,6)	= 0,048 gram
-

- 
- Massa SR =  $(2/13) \times (8-0,8-0,048) = 1,12$  gram

Massa Heksana =  $(3/13) \times (8-0,8-0,048) = 1,55$  gram

Massa NaCl =  $(8/13) \times (8-0,8-0,048) = 4,40$  gram

Massa Bluesil =  $0,02 \times 8$  gram =  $0,16$  gram
  - 5% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR

Massa Serat =  $0,05 \times 8$  gram =  $0,4$  gram

Massa BaM =  $0,1 \times 8$  gram =  $0,8$  gram

Massa Nano =  $(0,03 \times 1 \times 1,6)$  =  $0,048$  gram

Massa SR =  $(2/13) \times (8-0,4-0,8-0,048) = 1,04$  gram

Massa Heksana =  $(3/13) \times (8-0,4-0,8-0,048) = 1,56$  gram

Massa NaCl =  $(8/13) \times (8-0,4-0,8-0,048) = 4,16$  gram

Massa Bluesil =  $0,02 \times 8$  gram =  $0,16$  gram
  - 10% Serat Bambu + 3% Nanoselulosa + 10% BaM + SiR

Massa Serat =  $0,1 \times 8$  gram =  $0,8$  gram

Massa BaM =  $0,1 \times 8$  gram =  $0,8$  gram

Massa Nano =  $(0,03 \times 1 \times 1,6)$  =  $0,048$  gram

Massa SR =  $(2/13) \times (8-0,8-0,8-0,048) = 0,98$  gram

Massa Heksana =  $(3/13) \times (8-0,8-0,8-0,048) = 1,47$  gram

Massa NaCl =  $(8/13) \times (8-0,8-0,8-0,048) = 3,91$  gram

Massa Bluesil =  $0,02 \times 8$  gram =  $0,16$  gram

### LAMPIRAN

#### PERHITUNGAN MASSA JENIS KOMPOSIT

Spesimen	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
<b>massa di udara (g)</b>	1.3029	3,0485	2,2792
	1,2408	2,2029	2,3548
	1,5639	2,9166	2,2111
<b>massa di air (g)</b>	1,1735	2,1932	1,3041
	1,0979	1,8318	1,6721

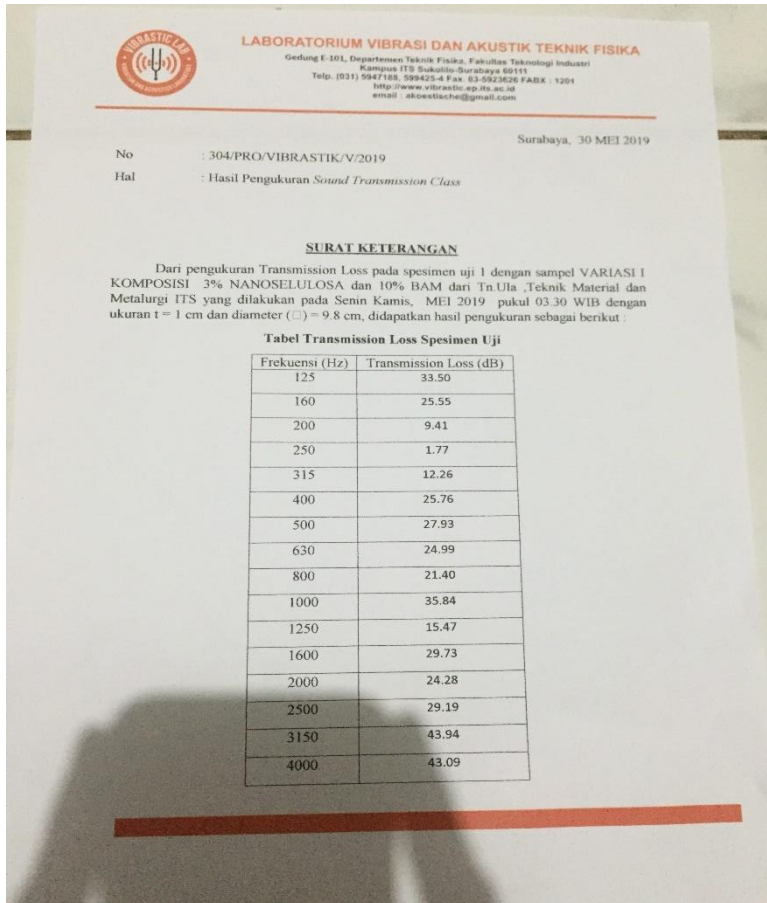
---

---

	1,4666	2,2277	1,4312
<b>specific gravity</b>	0,997	0,997	0,997
<b>Densitas (g/cm<sub>3</sub>)</b>	1,1069	1,3858	1,7424
	1,1267	1,1989	1,4040
	1,0631	1,3053	1,5402
<b>densitas rata-rata (g/cm<sub>3</sub>)</b>	1,0989	1,2966	1,5622

## LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN STC

Komposit Variasi 1 (3% Nano + 10% Bam)



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. (031) 5923026 FAHX 1201  
<http://www.vibrastik.ep.fti.ac.id>  
email : [labvibrastik@gmail.com](mailto:labvibrastik@gmail.com)

Surabaya, 30 MEI 2019

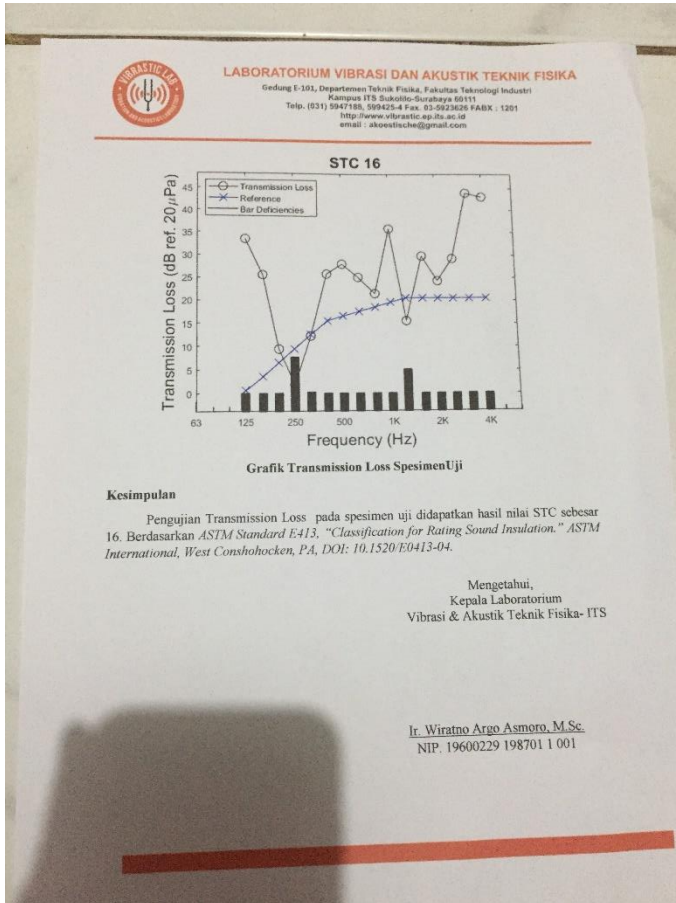
No : 304/PRO/VIBRASTIK/V/2019  
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Transmission Loss pada spesimen uji 1 dengan sampel VARIASI 1 KOMPOSISI 3% NANOSELULOSA dan 10% BAM dari Tn Ula, Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin Kamis, MEI 2019 pukul 03.30 WIB dengan ukuran  $t = 1$  cm dan diameter ( $\square$ ) = 9.8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut :

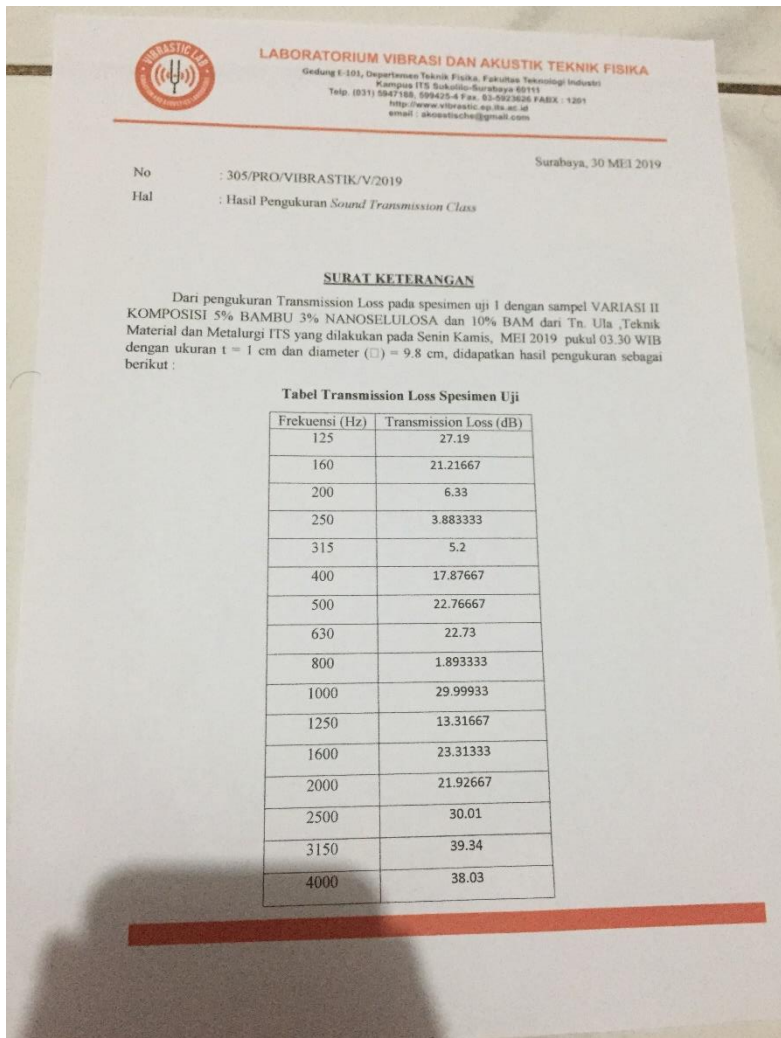
**Tabel Transmission Loss Spesimen Uji**

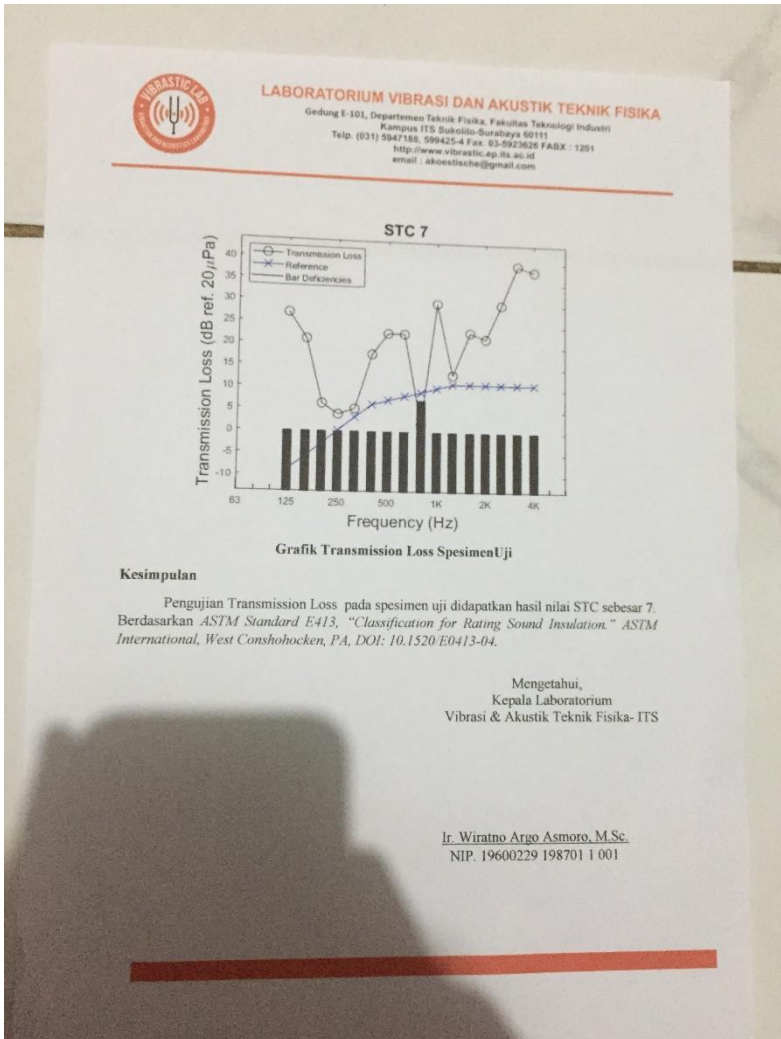
Frekuensi (Hz)	Transmission Loss (dB)
125	33.50
160	25.55
200	9.41
250	1.77
315	12.26
400	25.76
500	27.93
630	24.99
800	21.40
1000	35.84
1250	15.47
1600	29.73
2000	24.28
2500	29.19
3150	43.94
4000	43.09






Komposit Variasi 2 ( 3% Nano + 5% Bambu + 10% BaM)





Komposit Variasi 3 ( 3% Nano + 10% Bambu + 10% BaM)



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 MEI 2019

No : 306/PRO/VIBRASTIK/V/2019

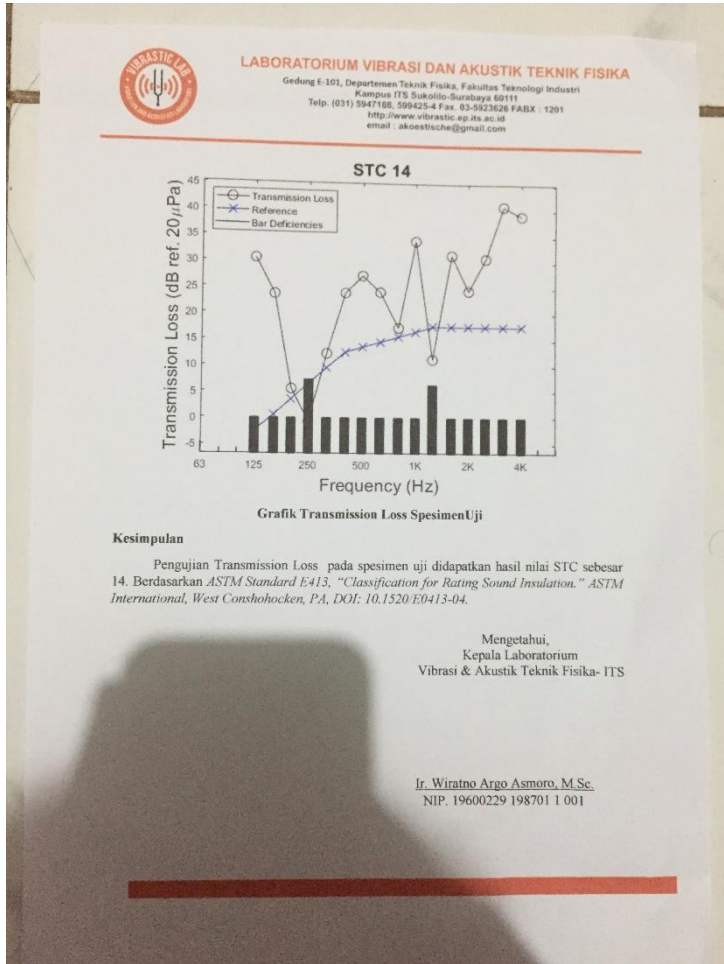
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

**SURAT KETERANGAN**

Dari pengukuran Transmission Loss pada spesimen uji 1 dengan sampel VARIASI III KOMPOSISI 10% BAMBU 3% NANO dan 10% BAM dari Tn. Ula ,Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin Kamis, MEI 2019 pukul 03.30 WIB dengan ukuran  $t = 1$  cm dan diameter ( $\varnothing$ ) = 9.8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut :

**Tabel Transmission Loss Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Transmission Loss (dB)
125	30.53
160	23.68
200	5.50
250	-0.75
315	12.25
400	23.91
500	27.25
630	24.12
800	17.28
1000	34.06
1250	11.23
1600	31.37
2000	24.50
2500	30.79
3150	40.90
4000	39.08

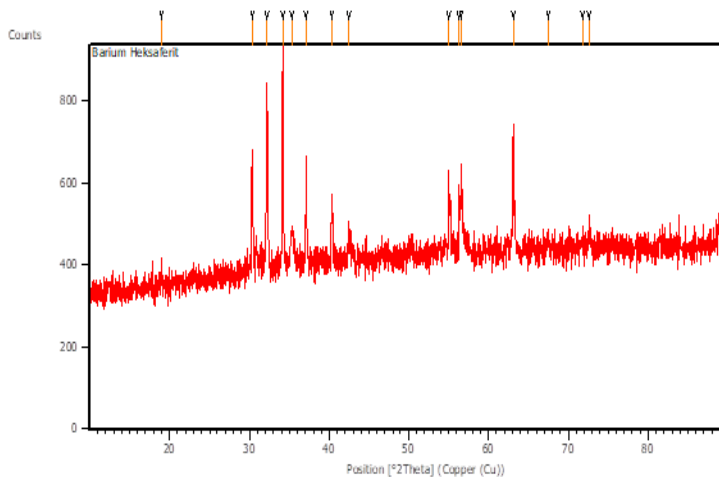


## LAMPIRAN HASIL XRD

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

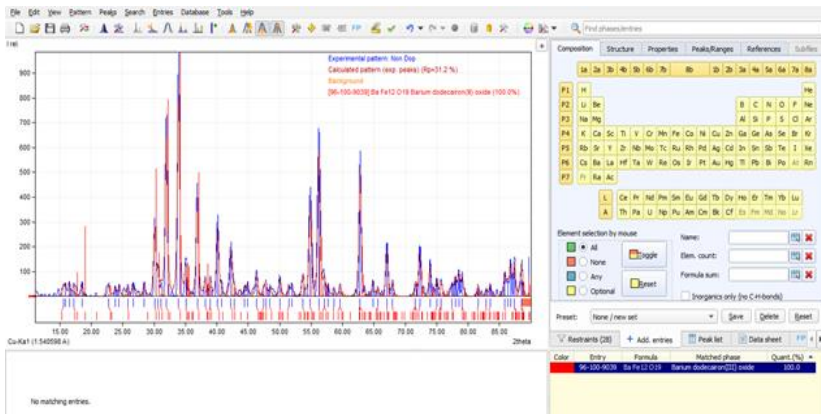
Material	Height (cts)	Position [2 $\theta$ ]	FWHM Left [2 $\theta$ ]	d (nm)
BaM doping Zn (BaZn <sub>x</sub> Fe <sub>12-x</sub> O <sub>19</sub> )	544.83	34.1375	0.0502	69,363

### Barium M-Heksaferrit Dopping Zn



Pos. [°2 $\theta$ .]	Height [cts]	FWHM Left [°2 $\theta$ .]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
19.0289	52.94	0.2007	4.66397	9.72
30.3540	287.43	0.0836	2.94474	52.76
32.2053	448.01	0.0669	2.77956	82.23
34.1375	544.83	0.0502	2.62654	100.00
35.2956	79.57	0.3346	2.54296	14.61
37.0985	260.88	0.0836	2.42342	47.88
40.3455	148.63	0.1673	2.23556	27.28
42.4901	69.55	0.2007	2.12756	12.77
55.0643	198.87	0.0612	1.66643	36.50
56.3480	165.35	0.0816	1.63147	30.35
56.5817	194.39	0.1004	1.62663	35.68
63.0808	311.24	0.0816	1.47257	57.13
67.4807	29.90	0.3346	1.38800	5.49
71.7944	45.67	0.3346	1.31485	8.38
72.6022	64.18	0.2676	1.30219	11.78

JCPDS 96-100-9034



LAMPIRAN

Entry # 96-100-9039

**Phase classification**

<b>Name</b>	Barium dodecairon(III) oxide
<b>Formula</b>	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
<b>I/Ic</b>	5.010000
<b>Sample</b>	1009038
<b>Name</b>	
<b>Quality</b>	C (calculated)

References

**Publication**

**Bibliography** Bertaut F, Deschamps A, Pauthenet R, "Etude de la substitution de Fe par Al, Ga et Cr dans l'hexaferrite debarium, Ba O, (Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub>)<sub>6</sub>, Com Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences(1884 - 1965) **246**, 2594-2597 (1958)

**Origin of data**

**Source of entry** [COD \(Crystallography Open Database\)](#)

**Link to orig. entry** [1009038](#)

Crystal structure

**Crystallographic data**

**Space group** P 63/m m c (194)

**Crystal system** hexagonal

**Cell parameters** a= 5.88900 Å c= 23.18199 Å

**z** 2

Atom coordinates	Element	Oxid.	x	y	z	Bi	Focc
	Ba	2.0	0.667	0.333	0.250	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.000	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.900	0.000	0.257	1.000000	0.500000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.027	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.190	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.169	0.338	-0.108	1.000000	1.000000
	O	-2.0	-1.000	-1.000	-1.000	1.000000	3.169900

Diffraction data

**Diffraction lines (calc. for wavelength = 1.540598 Å)**

2θ [°]	Int.	h	k	l	Mult.
7.62	23.5	0	0	2	2
15.28	32.1	0	0	4	2
17.37	25.0	1	0	0	6
17.79	90.1	1	0	1	12
19.00	265.9	0	1	2	12
20.85	7.6	0	1	3	12
23.00	40.0	0	0	6	2
23.21	1.4	0	1	4	12
25.95	13.7	0	1	5	12
28.97	2.9	0	1	6	12
30.33	482.8	1	1	0	6
30.83	167.4	0	0	8	2
31.32	28.6	1	1	2	12
32.20	746.8	0	1	7	12
32.52	0.0	1	1	3	12
34.13	1000.0	1	1	4	12
35.16	83.9	2	0	0	6
35.38	127.1	2	0	1	12
35.61	113.6	0	1	8	12
36.03	15.3	2	0	2	12
36.11	0.0	1	1	5	12
37.10	469.0	0	2	3	12
38.41	45.5	1	1	6	12
38.54	123.0	0	2	4	12

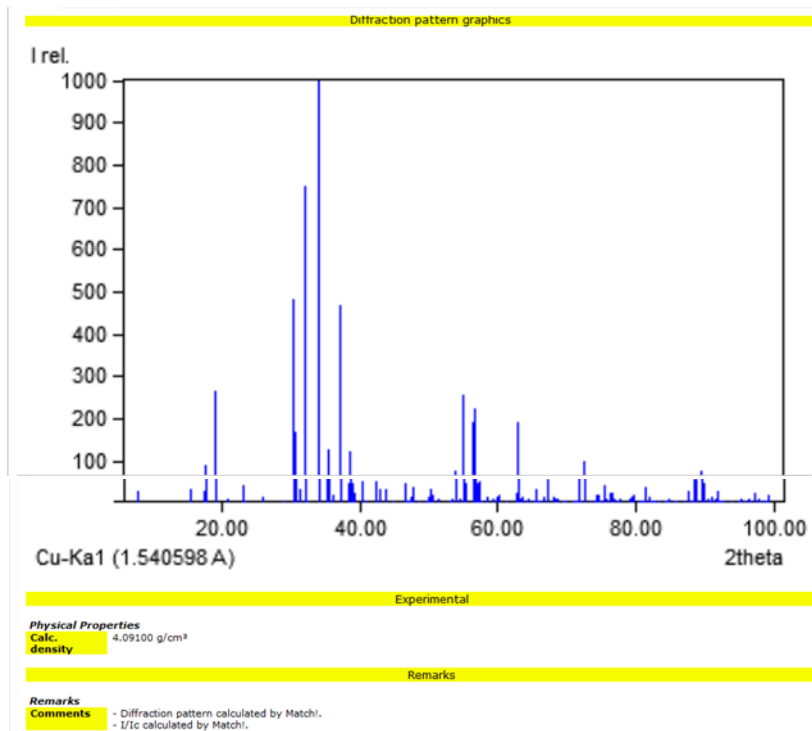
38.81	43.8	0	0	10	2
39.15	22.0	0	1	9	12
40.33	49.3	0	2	5	12
40.98	0.0	1	1	7	12
42.44	47.8	0	2	6	12
42.82	31.5	0	1	10	12
43.80	29.0	1	1	8	12
44.82	0.1	0	2	7	12
46.59	42.2	0	1	11	12
46.82	0.0	1	1	9	12
47.00	3.2	0	0	12	2
47.11	3.8	2	1	0	12
47.28	11.0	1	2	1	24
47.45	0.9	0	2	8	12
47.79	36.8	1	2	2	24
48.64	3.5	1	2	3	24
49.81	0.6	1	2	4	24
50.04	12.3	1	1	10	12
50.31	31.0	0	2	9	12
50.48	13.9	0	1	12	12
51.29	4.8	1	2	5	24
53.05	0.0	1	2	6	24
53.37	5.2	0	2	10	12
53.42	0.0	1	1	11	12
53.89	75.9	3	0	0	6
54.04	0.1	3	0	1	12

54.47	4.9	0	1	13	12
54.51	6.7	3	0	2	12
55.08	254.1	1	2	7	24
55.28	0.3	3	0	3	12
55.45	44.2	0	0	14	2
56.36	189.3	0	3	4	12
56.61	223.5	0	2	11	12
56.97	44.6	1	1	12	12
57.36	46.8	1	2	8	24
57.71	0.0	0	3	5	12
58.56	13.5	0	1	14	12
59.34	8.4	0	3	6	12
59.88	11.7	1	2	9	24
60.03	17.6	0	2	12	12
61.24	0.2	0	3	7	12
62.63	19.7	1	2	10	24
62.77	13.9	0	1	15	12
63.10	192.1	2	2	0	6
63.38	7.7	0	3	8	12
63.62	11.3	0	2	13	12
63.66	0.0	2	2	2	12
64.23	4.5	0	0	16	2
64.37	0.0	2	2	3	12
64.51	6.0	1	1	14	12
65.34	2.6	2	2	4	12

65.58	29.0	1	2	11	24
65.76	0.0	0	3	9	12
65.99	0.3	3	1	0	12
66.13	4.6	1	3	1	24
66.54	9.9	1	3	2	24
66.59	0.0	2	2	5	12
67.10	1.6	0	1	16	12
67.23	0.9	1	3	3	24
67.38	53.0	0	2	14	12
68.10	10.6	2	2	6	12
68.19	0.1	1	3	4	24
68.37	4.8	0	3	10	12
68.51	0.0	1	1	15	12
68.74	6.9	1	2	12	24
69.41	1.8	1	3	5	24
69.86	0.0	2	2	7	12
70.89	0.1	1	3	6	24
71.21	0.1	0	3	11	12
71.30	3.8	0	2	15	12
71.57	2.7	0	1	17	12
71.87	57.1	2	2	8	12
72.10	3.4	1	2	13	24
72.62	97.5	1	3	7	24



72.67	27.6	1	1	16	12
73.47	0.0	0	0	18	2
74.12	0.0	2	2	9	12
74.25	16.9	0	3	12	12
74.34	5.6	4	0	0	6
74.47	8.4	4	0	1	12
74.60	14.0	1	3	8	24
74.86	1.0	4	0	2	12
75.39	2.2	0	2	16	12
75.52	40.5	4	0	3	12
75.65	7.9	1	2	14	24
76.18	20.3	0	1	18	12
76.43	9.2	4	0	4	12
76.60	20.1	2	2	10	12
76.82	5.0	1	3	9	24
77.52	0.0	0	3	13	12
77.60	5.5	0	4	5	12
79.02	4.9	0	4	6	12
79.28	6.5	1	3	10	24
79.32	0.0	2	2	11	12
79.41	11.5	1	2	15	24
79.67	14.0	0	2	17	12
80.69	0.0	0	4	7	12
80.96	0.1	0	1	19	12
80.99	3.1	0	3	14	12
81.51	33.6	1	1	18	12
81.97	12.4	1	3	11	24
82.27	2.7	2	2	12	12
82.35	0.0	3	2	0	12
82.46	2.8	2	3	1	24
82.61	0.0	0	4	8	12
82.86	4.2	2	3	2	24
83.30	4.6	0	0	20	2
83.38	1.1	1	2	16	24
83.50	0.3	2	3	9	24
84.14	1.0	0	2	18	12
84.39	0.0	2	3	4	24
84.69	0.0	0	3	15	12
84.77	5.3	0	4	9	12
84.90	3.2	1	3	12	24
85.53	1.0	2	3	5	24
85.92	2.7	0	1	20	12
86.93	0.2	2	3	6	24
87.18	0.9	0	4	10	12
87.57	1.9	1	2	17	24
87.60	27.3	4	1	0	12
87.73	0.1	1	4	1	24
88.07	2.3	1	3	13	24
88.11	3.6	1	4	2	24
88.57	54.1	2	3	7	24
88.62	14.6	0	3	16	12
88.74	0.1	1	4	3	24
88.84	3.5	0	2	19	12
88.87	52.2	2	2	14	12
89.63	74.2	1	4	4	24
89.84	44.9	0	4	11	12
90.47	6.0	2	3	8	24
90.76	0.0	1	4	5	24
91.12	10.9	0	1	21	12
91.16	2.8	1	1	20	12
91.49	5.8	1	3	14	24
92.00	25.1	1	2	18	24
92.16	2.5	1	4	6	24
92.54	0.0	2	2	15	12
92.62	3.0	2	3	9	24
92.75	3.3	0	4	12	12
92.80	0.0	0	3	17	12
93.77	0.0	0	2	20	12
93.80	0.1	1	4	7	24
93.94	3.1	0	0	22	2
95.03	3.0	2	3	10	24
95.16	7.7	1	3	15	24
95.71	4.4	1	4	8	24
96.57	1.9	0	1	22	12
96.69	0.2	1	2	19	24
97.24	21.3	0	3	18	12
97.71	7.2	2	3	11	24
97.87	0.0	1	4	9	24
98.08	0.1	5	0	0	6
98.21	0.6	5	0	1	12
98.60	1.6	5	0	2	12
98.99	1.7	0	2	21	12
99.12	0.7	1	3	16	24



## JCPDS 01-082-1049

Date: 1/31/2017 Time: 2:15:16 PM User: Teknik Material File: DRY User: Teknik Material

### Name and formula

Reference code: 01-082-1049  
Compound name: Zinc Iron Oxide  
Common name: zinc diiron(III) oxide  
Empirical formula:  $Fe_2O_3Zn$   
Chemical formula:  $ZnFe_2O_4$

### Crystallographic parameters

Crystal system: Cubic  
Space group:  $Fd\bar{3}m$   
Space group number: 227  
a (Å): 0.4409  
b (Å): 0.4409  
c (Å): 0.4409  
Alpha (°): 90.0000  
Beta (°): 90.0000  
Gamma (°): 90.0000  
Volume of cell ( $10^6 \text{ pm}^3$ ): 693.40  
Z: 8.00  
RIR: 5.58

### Status, subtitles and quality

Status: Alternate Pattern  
Subfiles: Common Phase  
ICSD Pattern  
Inorganic  
PigmentEye  
Quality: Star (5)

### Comments

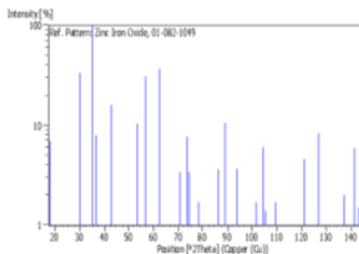
ANX: AB204

1 OF 3

Date: 1/31/2017 Time: 2:15:16 PM User: Teknik Material File: DRY User: Teknik Material

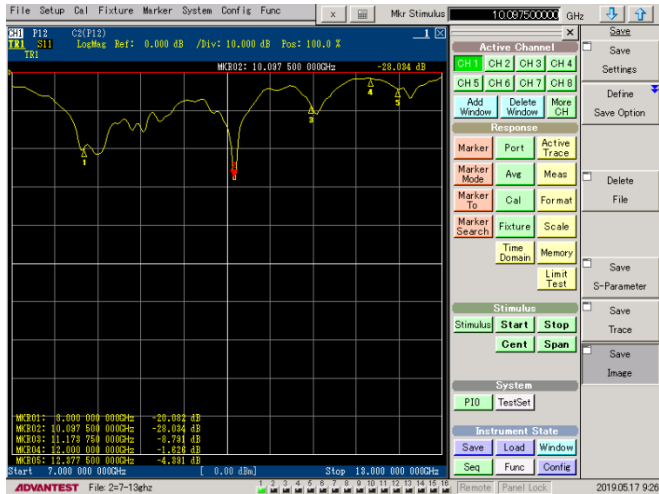
26	9	1	1	0.92650	132.487	0.2
27	8	4	2	0.92100	133.518	0.1
28	6	6	4	0.89960	137.758	0.7
29	9	3	1	0.88480	121.055	4.6
30	8	4	4	0.86150	124.794	8.2
31	9	3	3	0.84830	130.475	0.2
32	8	4	2	0.82770	137.073	2.0
33	9	5	1	0.81600	141.467	5.9
34	10	2	2	0.81220	143.032	1.9

### Stick Pattern

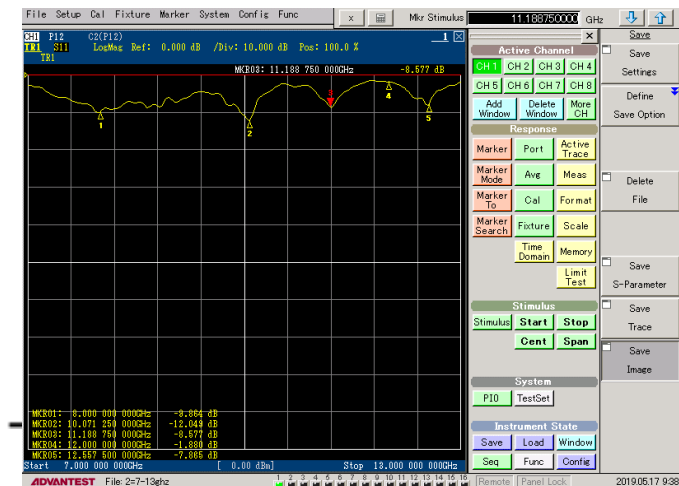


## LAMPIRAN HASIL UJI VNA

### Komposit Variasi 1 ( 3% Nano + 10% BaM)

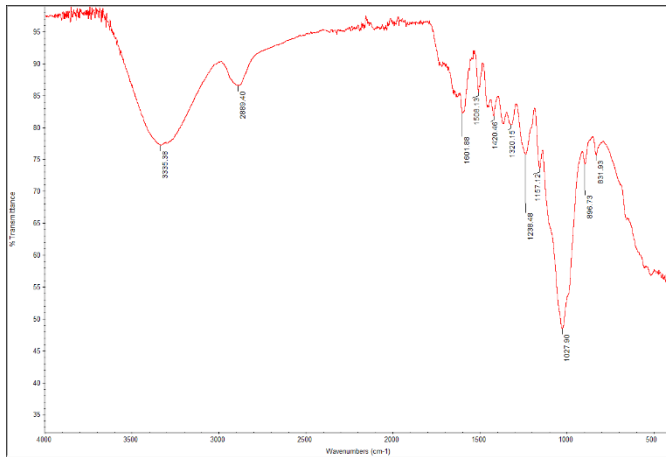


### Komposit Variasi 3 ( 3% Nano + 10% Bambu + 10% BaM)



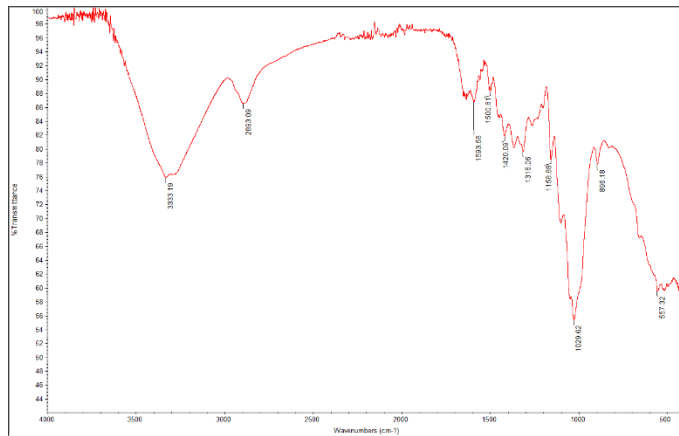
## LAMPIRAN HASIL FTIR SERAT BAMB

Hasil serat bambu sebelum alkalisasi



Hasil

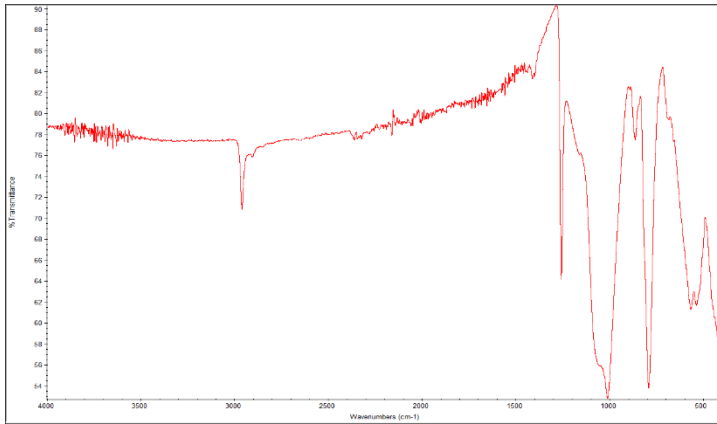
serat bambu setelah alkalisasi



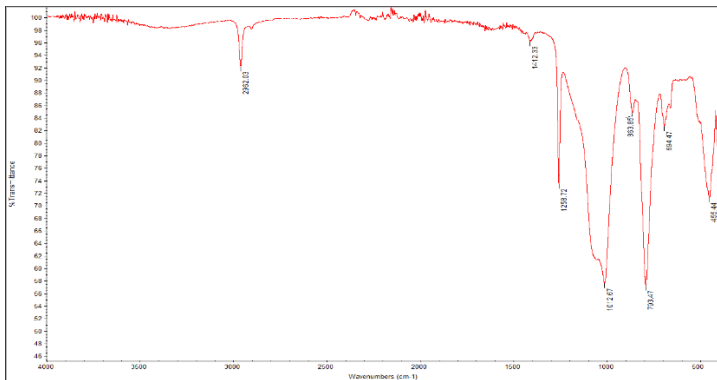
LAMPIRAN

## LAMPIRAN HASIL FTIR KOMPOSIT

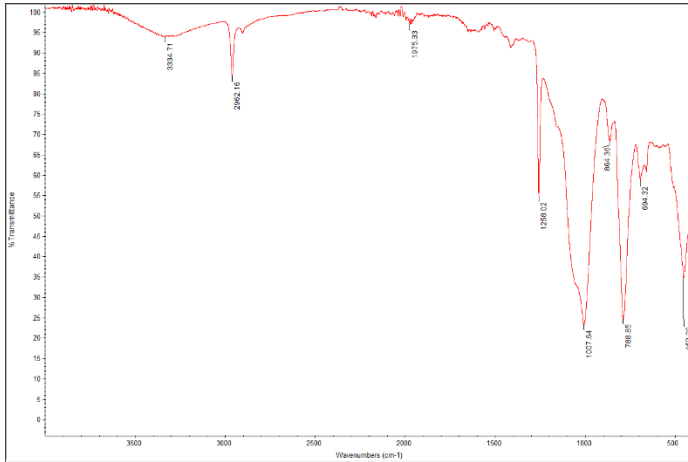
### Komposit Variasi 1 ( 3% Nano + 10% BaM)



### Komposit Variasi 2 ( 3% Nano + 5% Bambu + 10% BaM)



### Komposit Variasi 3 (3% Nano + 10% Bambu + 10% BaM)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin berterima kasih juga kepada :

1. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
2. Mas Ateng MT 15 sebagai senior pembimbing dari penelitian sebelumnya yang selalu sabar, selalu memotivasi untuk tidak mengenal kata menyerah, dan selalu memberikan bimbingan serta arahan dalam setiap bagian pada penelitian Tugas Akhir ini.
3. Partner saya I Made Aryama dalam penelitian Tugas Akhir ini yang selalu berjuang bersama dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan saling support satu sama lain.
4. Teman-teman keluarga MT 17, mas mbak MT 14 , MT 15 , MT16, adik-adik saya MT 18, MT 19, MT 20 dan terutama dulur-dulur Skuadron Matrice Garis Keras yang selalu memberikan warna-warni berbagai momen di kehidupan perkuliahan di Teknik Material FTI-ITS.
5. Teman-teman Black Dragon Lab Manufaktur yang ga ada matinya yang telah membantu dan selalu mensupport selama saya mengerjakan tugas akhir saya selama 1 semester khususnya kepada Erwin alias kowin, Audi, Wais, Cak Yobi, Gus Mus, dan Yoessa
6. Teman-teman serta karyawan Lab. Fisika Material yang juga selalu mensupport serta membantu khususnya Mas Ridho yang selalu banyak membantu saat running alat , Mas Kukuh MT 14 yang pantang menyerah dan berjuang menyelesaikan Tesis dan Faisal
7. Teman-teman Manufaktur Boys di Lab Manufaktur yang juga selalu turut memberi api penyemangat pada saat running di lab khususnya kepada Ihsan, Rafiandy, dan Cak Abim.
8. Motivator saya Mas Shinto, Mas Dani, Mas Ateng, Mas Doddy, Mas Bogel.

- 
9. Terimakasih pada Dhella Savilla Putri yang selalu memberi dukungan dan support untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
  10. Dulur-dulur Smanda 27 Cak Bagas, Khemal, Senna, Wira, Cak Agha, yang juga seperjuangan menjadi mahasiswa pejuang Tugas Akhir yang selalu memberi motivasi untuk berjuang bersama menyelesaikan kuliah, saling support, dan selalu memberikan warna-warni momen penyegaran selama di kehidupan perkuliahan ini serta ketika pikiran penat bersama saat menyelesaikan Tugas Akhir.
  11. Dulur-dulur Wo Team khususnya Gopal ,Jarwo, Cak Pi'i, Galer, Wahyu, Distr, Valdy yang selalu memberikan dukungan dan saling support untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
  12. Dulur-dulur Mesin , Demits , Detektro , Elektro selalu memberi motivasi dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
  13. HMMT FTI-ITS yang telah menjadi tempat yang banyak memberikan pembelajaran pada penulis selama perkuliahan ini.
  14. Serta seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi dalam Tugas Akhir ini dan belum bisa dituliskan satu persatu oleh penulis.



## **BIODATA PENULIS**

Penulis dilahirkan di Gresik, 30 April 1997, merupakan anak pertama (tunggal). Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 2 Gresik, kemudian SMP Muhammadiyah12 GKB Gresik dan SMA Negeri 1 Manyar. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi

Sepuluh Nopember pada tahun 2015 terdaftar dengan NRP 2715100113. Di Teknik Material dan Metalurgi penulis memilih bidang Material Inovatif. Penulis sejak kuliah aktif mengikuti organisasi di BSO MTC HMMT FTI-ITS sebagai Staff pada kepengurusan tahun 2016/2017. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan seperti LKMM Pra TD FTI ITS, PJTD HMMT FTI ITS, dan PKTI HMMT FTI ITS,. Penulis dapat dihubungi di 087786669597 atau email ke [ulacharir@gmail.com](mailto:ulacharir@gmail.com).

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*