



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - 184834

KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN BARIUM HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI ABSORPSI SUARA DAN ABSORPSI RADAR

I MADE ARYAMA SATYAWAN
NRP. 0251154000121

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 - TL 184834

**KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER
BERPENGUAT NANOSULOSA DAN BARIUM
HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI ABSORPSI
SUARA DAN ABSORPSI RADAR**

I MADE ARYAMA SATYAWAN
NRP. 0251154000121

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

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

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 184834

**CHARACTERIZATION OF SILICONE RUBBER
COMPOSITE REINFORCED BY
NANOCELLULOSE AND BARIUM HEXAFERRITE
FOR SOUND ABSORPTION AND RADAR
ABSORPTION APPLICATIONS**

**I MADE ARYAMA SATYAWAN
NRP. 02511540000121**

**Advisors
Ir. Moh Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST.,MT.**

**DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2019**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER
BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN BARIUM
HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI ABSORPSI SUARA
DAN ABSORPSI RADAR**


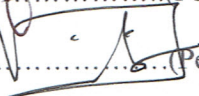
TUGAS AKHIR

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:

I MADE ARYAMA SATYAWAN
NRP. 02511540000121

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

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



URABAYA
Juli 2019

**KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER
BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN BARIUM
HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI ABSORPSI SUARA
DAN ABSORPSI RADAR**

Nama : I Made Aryama Satyawan
NRP : 0251154000121
Departemen : Teknik Material FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST., MT.

Abstrak

Komposit berpenguat nanoselulosa merupakan material yang sedang dikembangkan. Salah satu aplikasinya dapat digunakan untuk menyerap suara. Sedangkan material penyerap radar adalah material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang elektromagnetik. Barium Heksaferrit merupakan material magnetik yang baik dan dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Penelitian ini menggunakan silicone rubber berpori sebagai matriks, nanoselulosa dan barium heksaferrit sebagai filler. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah perbandingan fraksi massa nanoselulosa. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap morfologi, nilai STC, dan absorpsi gelombang elektromagnetik. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji STC, uji SEM-EDX, uji FTIR, uji XRD, uji densitas, dan uji VNA. Nilai STC tertinggi yaitu komposit Silicone Rubber+1% Nanoselulosa+10% BaM sebesar 41 dan Transmission Loss tertinggi sebesar 63,13 dB pada frekuensi 1000Hz. Nilai penyerapan gelombang elektromagnetik tertinggi yaitu komposit Silicone Rubber+10% BaM sebesar -20,722 dB pada frekuensi 12,3 Ghz.

Kata Kunci : Silicone Rubber, Nanoselulosa, Barium Heksaferrit

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**CHARACTERIZATION OF SILICONE RUBBER
COMPOSITE REINFORCED BY NANOCELLULOSE
AND BARIUM HEXAFERRITE FOR SOUND
ABSORPTION AND RADAR ABSORPTION
APPLICATIONS**

Name : I Made Aryama Satyawan
NRP : 0251154000121
Department : Teknik Material FTI-ITS
Advisors : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST., MT.

Abstract

Nanocellulose reinforced composite is a being developed material. One of the applications can be use for sound absorber. Whereas radar absorbent material is material that has ability to absorb electromagnetic waves. Barium Hexaferrite is a good magnetic material that can absorb electromagnetic waves. This study uses a porous silicone rubber as a matrix, nanocellulose and barium hexaferrite as fillers. The variable used in this study is the ratio of nanocellulose mass fraction. The purpose of this study is to analyze the effect of nanocellulose addition on morphology, STC value, and electromagnetic wave absorption. This test that carried out in this study are include STC test, SEM-EDX test, FTIR test, XRD test, density test, and VNA test. The highest STC value is in the composite Silicone Rubber + 1% Nanocellulose + 10% BaM with the value is 41 and the highest Transmission Loss value is 63.13 dB at the frequency of 1000Hz. The highest absorption value of electromagnetic waves is the Silicone Rubber + 10% BaM composite with the value is -20,722 dB at frequency 12 , 3 Ghz.

Keywords : *Silicone Rubber, Nanocellulose, Barium Hexaferrite*

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas limpahan berkah dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER BERPENGUAT NANOSULOSA DAN BARIUM HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI ABSORPSI SUARA DAN ABSORPSI RADAR”**

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Tuhan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas limpahan berkah dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
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. Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku dosen wali yang selalu sabar dan mengayomi dari awal perkuliahan.
6. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta ST., M.Sc. selaku Kaprodi Departemen Teknik Material FTI-ITS.

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, 28 Juni 2019
Penulis

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Material Komposit	5
2.2 Klasifikasi Komposit	5
2.3 Bahan Penguat	7
2.4 Matriks.....	8
2.5 Serat Alam.....	8
2.5.1 Pengertian Serat Alam.....	8
2.5.2 Kelebihan dan Kekurangan Serat Alam	9
2.6 Selulosa.....	10
2.7 Nanoselulosa.....	10
2.8 <i>Silicone Rubber</i>	11
2.9 Gelombang dan Bunyi.....	12
2.9.1 Gelombang.....	12
2.9.2 Bunyi.....	14
2.10 Material Akustik.....	14
2.10.1 Bahan Absorpsi Suara.....	15
2.11 <i>Sound Transmission Loss</i>	15
2.12 <i>Sound Transmision Class</i>	18
2.13 Barium M-Heksaferrit (BAM)	19
2.14 Material Penyerap Radar (<i>Radar Absorbing Material</i>).....	21

2.15 Hukum Pencampuran.....	22
2.16 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI	
3.1 Metode Penelitian	35
3.1.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferrit.....	36
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	36
3.2.1 Bahan Penelitian.....	36
3.2.2 Peralatan Penelitian	42
3.3 Variabel Penelitian	47
3.4 Rancangan Penelitian	47
3.5 Prosedur Penelitian	48
3.5.1 Persiapan Bahan	48
3.6 Proses Pengujian.....	50
3.6.1 Pengujian STC.....	51
3.6.2 Pengujian <i>Scanning Electron</i> <i>Microscope</i> (SEM).....	53
3.6.3 Pengujian Densitas	56
3.6.4 Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> <i>Spectroscopy</i> (FTIR)	57
3.6.5 Pengujian VNA	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian XRD Barium M-Heksaferrit.....	61
4.2 Hasil Pengujian SEM Komposit.....	62
4.3 Hasil FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i> <i>Spectroscopy</i>)	64
4.4 Hasil Pengujian Densitas Komposit	68
4.5 Hasil Pengujian STC	69
4.6 Hasil Pengujian VNA.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	85

UCAPAN TERIMAKASIH	109
BIODATA PENULIS.....	111

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi Komposit Menurut Penyusunnya.....	6
Gambar 2.2	Gelombang Transversal	13
Gambar 2.3	Gelombang Longitudinal	13
Gambar 2.4	Ilustrasi <i>Sound Transmission Loss</i>	17
Gambar 2.5	Struktur Kristal Heksagonal BaFe ₁₂ O ₁₉	21
Gambar 2.6	Pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn (Merah) dan Non Dopping (Hitam)	24
Gambar 2.7	Hasil Pengujian SEM Komposit <i>Porous SR</i> /OPS Perbesaran 250x	26
Gambar 2.8	Hasil Pengujian EDX Komposit Porous SR/OPS	28
Gambar 2.9	Hasil Uji FTIR <i>Silicone Rubber</i> Berpori.....	29
Gambar 2.10	Hasil Uji FTIR Pada Nanoselulosa dan Pelepah Pohon Salak	31
Gambar 2.11	Hasil Uji FTIR Barium M-Heksaferrit Dopping Zn Dengan Variasi Temperatur Kalsinasi	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.2	Diagram Alir Sintesa BaM.....	36
Gambar 3.3	Nanoselulosa	37
Gambar 3.4	<i>Silicone Rubber</i> RTV 585	37
Gambar 3.5	Katalis Bluesil.....	38
Gambar 3.6	NaCl.....	38
Gambar 3.7	<i>Hexane</i>	39
Gambar 3.8	BaCO ₃	40
Gambar 3.9	Fe ₂ O ₃	40
Gambar 3.10	Serbuk Zn.....	41
Gambar 3.11	Alkohol.....	41
Gambar 3.12	Timbangan Digital	42
Gambar 3.13	<i>Planetary Ball Mill</i>	43
Gambar 3.14	<i>Vacum Furnace</i>	43
Gambar 3.15	Cetakan Spesimen	44
Gambar 3.16	<i>Hot Plate</i> dan <i>Stirrer</i>	44

Gambar 3.17	Alat Uji SEM.....	45
Gambar 3.18	Alat Uji FTIR	46
Gambar 3.19	Alat Uji STC	46
Gambar 3.20	Alat Uji VNA	47
Gambar 3.21	Pencampuran Bahan Barium Heksaferrit	49
Gambar 3.22	Prekursor BaM	49
Gambar 3.23	Tabung Impedansi Untuk Pengukuran <i>Sound Transmission Loss</i>	51
Gambar 3.24	Dimensi Spesimen Uji STC	52
Gambar 3.25	Spesimen Uji STC.....	53
Gambar 3.26	Dimensi Spesimen SEM	54
Gambar 3.27	Prinsip Kerja SEM	54
Gambar 3.28	Spesimen Komposit Uji SEM	56
Gambar 3.29	Skema Uji FTIR	58
Gambar 3.30	<i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	59
Gambar 3.31	Spesimen Komposit Uji VNA.....	60
Gambar 4.1	Pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn.....	61
Gambar 4.2	Hasil Morfologi Komposit	63
Gambar 4.3	Hasil Uji FTIR Komposit <i>Silicone Rubber/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit</i>	65
Gambar 4.4	Nilai <i>Sound Transmission Loss</i> (STL)	71
Gambar 4.5	Grafik Hasil Uji VNA	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik <i>Silicone Rubber</i>	11
Tabel 2.2 Klasifikasi Nilai STC (ASTM)	19
Tabel 2.3 Sifat Material Barium M-Heksaferrit	20
Tabel 2.4 Daerah Serapan <i>Infra Merah</i> Silicone Rubber Berpori.....	30
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian.....	48
Tabel 4.1 Daerah Serapan <i>Infrared</i> Komposit	66
Tabel 4.2 Nilai Densitas Komposit.....	69
Tabel 4.3 Nilai STC dan <i>Sound Transmission Loss</i> Komposit	70

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (PER.13/MEN/X/2011). Mediastika (2009) mengatakan bahwa untuk mengetahui apakah 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.

Disisi lain *Radar Absorbing Material* (RAM) adalah material yang di desain memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang elektromagnetik atau radar dan bertujuan untuk meminimalisir respon gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar sehingga posisi suatu benda yang dilapisi oleh *Radar Absorbing Material* (RAM) tidak terdeteksi. Teknologi RAM biasa diaplikasikan pada bidang pertahanan seperti pada pesawat atau kapal anti radar (stealth) sehingga gelombang radar yang mengenai badan pesawat maupun kapal akan diserap oleh RAM tersebut. *Radar Absorbing Material* (RAM) terdiri dari dua bahan utama yaitu material magnetik (Barium Heksaferrit) dan material dielektrik (Rezende, 2002).

Selain itu, material penyerap suara atau absorber suara adalah bahan yang mampu menyerap energi suara. Kemampuan sebuah material peredam suara untuk menyerap suara di tentukan dengan nilai NRC atau Noise Reduction Class atau Sound Absorbing Coefficient. Bahan penyerap suara terdiri dari beberapa jenis yaitu bahan berpori, resonator, dan panel. Jenis-jenis bahan penyerap suara yang digunakan dalam rancangan akustik sebagai pengendali bunyi menurut Doelle (1993) dapat diklasifikasikan menjadi bahan berpori, penyerap panel atau penyerap selaput, dan

resonator rongga. Material berpori menurut Mediastika (2005), merupakan material penyerap yang paling banyak digunakan

Seiring dengan berkembangnya teknologi, material komposit yang terdiri dari serat alam dikembangkan sebagai material penyerap suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan (Shoshani, 1990).

Dan pada era perkembangan jaman saat ini dikembangkan juga teknologi material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM). Bahan yang biasa digunakan untuk membuat material anti radar adalah material magnetik yaitu Barium Heksaferrit. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dibuat komposit silicone rubber berpenguat Barium Heksaferrit dan serat nanoselulosa dan dengan menambahkan material Barium Heksaferrit sehingga diharapkan dapat memberikan sifat magnetik yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh penambahan serat nanoselulosa dan Barium Heksaferrit terhadap nilai koefisien absorpsi suara dan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap nilai STC Komposit *Silicone Rubber/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik Komposit *Silicone Rubber/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit* ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap morfologi Komposit *Silicone Rubber/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit*?

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 penambahan nanoselulosa terhadap nilai STC Komposit *Silicone Rubber*/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit
2. Menganalisa pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik Komposit *Silicone Rubber*/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit.
3. Menganalisa pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap morfologi Komposit *Silicone Rubber*/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan kombinasi *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan nanoselulosa sebagai bahan dasar material penyerap suara.
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih..
3. Memberikan pengetahuan mengenai morfologi, nilai STC dan gelombang elektromagnetik komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat nanoselulosa.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

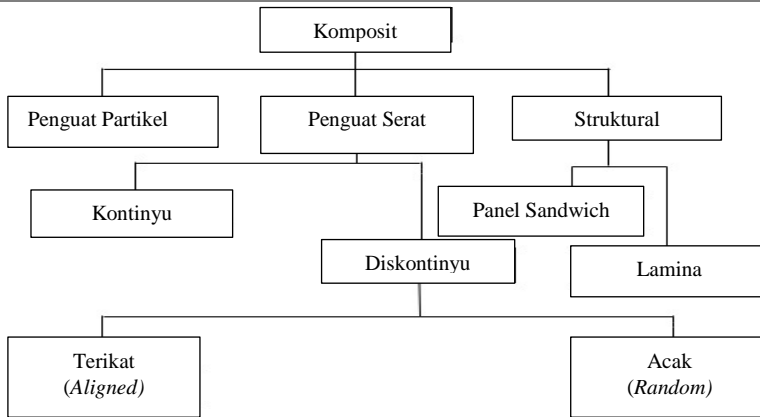
2.1 Material Komposit

Komposit merupakan material dengan perpaduan dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara fisik dan makroskopik. Bahan tersebut bisa dari logam, plastik atau polimer dan keramik. Penggabungan bahan tersebut dilakukan secara makro meskipun banyak bahan yang digunakan sebagai penyusun komposit, sebagian tidak dianggap sebagai komposit jika satuan struktur yang terbentuk lebih cenderung ke tingkat mikroskopik daripada makroskopik. Dengan demikian paduan-paduan logam dan campuran polimer biasanya tidak diklasifikasikan sebagai komposit. Keunggulan bahan komposit adalah terbentuknya struktur baru yang merupakan penggabungan sifat-sifat unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Komposit mempunyai sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun asal jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson, 1994).

Komposit juga merupakan bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer atau matriks lain diperkuat serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Komposit juga diartikan sebagai suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Kedua konstituen ini adalah *reinforcement* (penguat) dan matriks. Biasanya fasa penguat lebih kuat daripada fasa matriks. Penguat biasanya berupa serat atau partikulat. Sedangkan matriks merupakan bahan penyusun yang umumnya lebih ductile namun mempunyai kekuatan dan rigid yang lebih rendah (Rijswijk, 2001).

2.2 Klasifikasi Komposit

Secara umum, skema klasifikasi komposit adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Klasifikasi Komposit Menurut Penyusunnya (Gibson, 1994).

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Komposit partikel (*Particulate Composite*)
Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai bahan penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk, dan material partikel adalah faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit partikel.
2. Komposit serat (*Fibrous Composite Material*)
Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari matriks (bahan dasar) yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat ditambahkan resin sebagai bahan perekat. Komposit serat merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fiber*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya.

3. Komposit lapis (*Laminated Composite Materials*)

Komposit laminat, merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit yang terdiri dari lapisan serat dan matriks, yaitu lapisan yang diperkuat oleh resin sebagai contoh *plywood*, *laminated glass* yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga (Gibson, 1994) yaitu :

1. Komposit Matriks Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (*Kevlar*) sebagai penguatannya.

2. Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*)

Bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matriks dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida.

3. Komposit Matriks Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*)

Bahan ini menggunakan keramik sebagai matriks dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida atau boron nitride.

2.3 Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Salah satu bagian utama pada komposit adalah *reinforcement* (bahan penguat) yang memiliki fungsi sebagai penahan beban utama terhadap beban yang diterima oleh material komposit contohnya adalah serat. Material penguat dicampur

dengan material matriks selama fabrikasi. Penguat secara umum tidak digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik, tetapi digunakan untuk menambah beberapa aspek tingkah laku komposit. Penguat memberikan dimensi lain pada desain fleksibilitas yang dimiliki komposit (Gibson, 1994).

Serat adalah salah satu bahan pengisi matrik (filler). Serat alami memiliki ketahanan yang rendah terhadap pengaruh lingkungan. Maka dari itu, serat alami dapat digunakan sebagai reinforcement dengan meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari material yang dihasilkan.

2.4 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang dominan karena memiliki fraksi volume terbesar. Pada komposit serat, matriks mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengikat serat untuk menjadi satu struktur komposit dan meneruskan beban diantara serat-serat (Schwartz, 1984). Umumnya matriks dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi. Sifat-sifat matriks adalah sebagai berikut (Gibson, 1994) :

- 1.) Sifat mekanis yang baik.
- 2.) Kekuatan ikatan yang baik.
- 3.) Ketangguhan yang baik.

2.5 Serat Alam

2.5.1 Pengertian Serat Alam

Penggunaan serat alam untuk *filler* komposit polimer telah digunakan oleh Farid dkk, 2018. Jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat dan komposisi serat merupakan faktor yang paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat. Semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, kekuatan mekanis (*strength*) semakin besar (Schwartz, 1984).

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu: serat sintesis dan serat alami. Serat sintesis adalah serat yang terbuat dari bahan-bahan organik dengan komposisi kimia tertentu. Serat

sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu: sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain: serat gelas, serat karbon, serat optik, serat nilon (Jones, 1975).

Serat alami adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan, diantaranya adalah: kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, kenaf, flax, rami, ijuk, serat bambu, dan sabut kelapa. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984). Serat-serat tersebut pada umumnya diperoleh dengan cara pelarutan lignin atau bahan pengikat serat dengan cara merendam dalam air selama beberapa hari atau dengan menggunakan bahan alkali pada umumnya larutan sampai dengan 15% NaOH, pada 160°C–180°C selama 45 menit atau kurang dari 1 jam, sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudian disisir dan dicuci sehingga bersih dari unsur bukan serat untuk mendapatkan kekuatan yang optimal (Pickering, 2007).

2.5.2 Kelebihan dan Kekurangan Serat Alam

Karena serat-serat tersebut pada umumnya tidak tahan temperatur tinggi, maka matriks yang banyak digunakan adalah polimer, sehingga fabrikasi material kompositnya bisa dilakukan pada temperatur rendah (Develde dan Kiekens, 2001).

Beberapa kelebihan serat alami antara lain:

- 1) Bahan bakunya terbarukan.
- 2) Massa jenisnya rendah.
- 3) Tidak abrasif.
- 4) Tidak sensitif terhadap retakan.
- 5) Tidak menyebabkan iritasi pada kulit.
- 6) Limbahnya mudah terurai di alam.
- 7) Merupakan konduktifitas kalor yang baik.

Kekurangannya adalah:

- 1) Sifat mekanisnya relatif rendah dibandingkan dengan serat sintetis.

- 2) Laju penyerapan uap airnya relatif tinggi.
- 3) Tidak tahan terhadap suhu tinggi.
- 4) Walau dari satu jenis, namun sifat-sifatnya sangat bervariasi.

2.6 Selulosa

Selulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati ($C_6H_{10}O_5$)_n. Sebagian besar selulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuhan-tumbuhan.

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan.

Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pectin, hemiselulosa, dan xilan (Goyskor dan Eriksen, 1980).

2.7 Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah suatu material yang dapat diperbarui dalam banyak aplikasi berbeda, seperti dalam bidang kimia, makanan, farmasi, dan lain-lain. Nanoselulosa diperoleh dari proses hidrolisis menggunakan asam dari α - selulosa, diklasifikasikan dalam pembahasan baru nanomaterial. Proses isolasi nanoselulosa memiliki banyak pengkajian, seperti dimensi skala nanometer, tinggi kekuatan spesifik dan modulus, dan tinggi daerah permukaan (Lucia, 2010).

Adanya perubahan ukuran dan sifat dari nanoselulosa maka nanoselulosa dapat digunakan sebagai filler penguat pada berbagai polimer antara lain polietilen, karet alam, dan polipropilen, aditif untuk pembawa obat dan adsorben.

2.8 *Silicone Rubber*

Silicone rubber (SiR) adalah bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi, yang biasanya digunakan untuk isolasi kabel dan bahan isolator tegangan tinggi. Sifat fisik bahan ini dapat diperbaiki dengan mencampurkan bahan pengisi seperti pasirsilika. *Silicone rubber* aman digunakan pada temperatur -55° sampai 200° C. Bahan ini memiliki hambatan yang baik terhadap ozon, korona, air, dan memiliki ketahanan yang baik terhadap alkohol, garam, dan minyak (Asy'ari, 2008).

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).

Selama proses pembuatan *silicone rubber*, panas sangat diperlukan untuk vulkanisir (mengatur dan memperbaiki) silikon ke dalam bentuk seperti karet. Hal ini biasanya dilakukan dalam dua proses pada titik pembuatan ke dalam bentuk yang diinginkan. Dalam hal ini dapat dilakukan proses injeksi (injection molded). Pada temperatur ekstrim, kekuatan tarik, elongasi, kekuatan sobek, dan kompresi dapat jauh lebih unggul daripada karet konvensional, meskipun relatif lebih rendah untuk bahan lainnya, sedangkan karet silikon merupakan salah satu pilihan jenis elastomer untuk lingkungan yang ekstrim (Keller et al., 2007).

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik *Silicone Rubber*
(Deni, 2014)

Densitas (g/cm^3)	0,9-1.12
T ($^{\circ}\text{C}$)	-55-200
Kuat Tarik (MPa)	2.4-8
Kuat Tekan (MPa)	10-30
Hardness Vickers (VHN)	15

2.9 Gelombang dan Bunyi

2.9.1 Gelombang

Gelombang adalah suatu gangguan menjalar dalam suatu medium ataupun tanpa medium. Dalam klasifikasinya gelombang terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Gelombang mekanik

Suatu gangguan yang berjalan melalui beberapa materi atau zat yang dinamakan gelombang itu.

Contoh : gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

2. Gelombang elektromagnetik

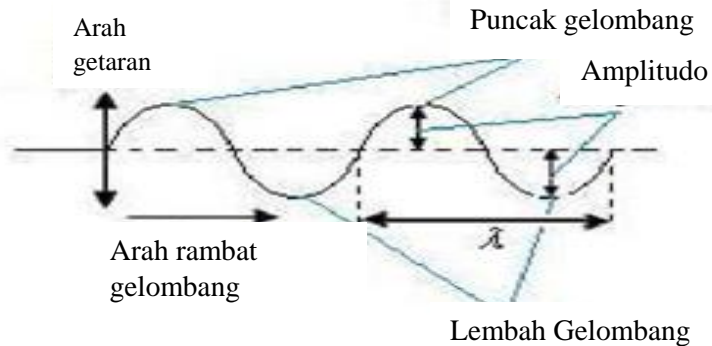
Suatu gelombang yang tidak memerlukan medium dalam perambatannya karena dapat bergerak dalam ruang vakum.

Contoh : cahaya tampak, gelombang radio, radiasi inframerah, sinar-x dan sinar gamma.

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

1. Gelombang transversal

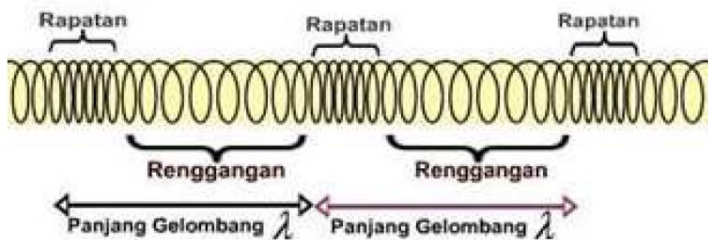
Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Gelombang transversal ditunjukkan oleh Gambar 2.2



Gambar 2.2 Gelombang Transversal
(Halliday dan Resnick, 1992)

2. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatannya searah dengan arah usikan (getarnya). Panjang gelombang longitudinal terdiri dari satu rapatan dan satu renggangan. Contohnya gelombang pada pegas dan gelombang pada bunyi. Gelombang longitudinal ditunjukkan oleh Gambar 2.3



Gambar 2.3 Gelombang Longitudinal
(Halliday dan Resnick, 1992)

2.9.2 Bunyi

Menurut Sears & Zemansky (2004), definisi umum dari bunyi (*sound*) adalah sebuah gelombang longitudinal yang merambat dalam suatu medium (padat, cair atau gas). Bunyi tidak merambat melalui ruang hampa udara (vakum). Bunyi merambat melalui suatu medium dengan cara memindahkan energi kinetik dari satu molekul lainnya dalam medium tersebut (Doelle, 1993).

Manusia mendengar bunyi ketika gelombang bunyi, berupa getaran di udara atau medium lain, sampai ke gendang telinga manusia. Telinga manusia peka terhadap gelombang dalam jangkauan frekuensi yang dapat didengar (*audible range*) dari 20 Hz sampai 20.000 Hz (*audiosonic*). Gelombang bunyi yang frekuensinya di bawah 20 Hz disebut dengan gelombang *infrasonic* dan gelombang bunyi yang frekuensinya di atas 20.000 Hz disebut dengan gelombang *ultrasonic* (Halliday dan Resnick, 1992).

2.10 Material Akustik

Ilmu yang mempelajari tentang fenomena dan gejala bunyi disebut akustik. Ketika suatu bunyi menumbuk pada suatu benda ataupun dinding, maka bunyi itu akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*) dan diteruskan (*transmitted*) oleh benda tersebut (Ruijgork, 1993).

Berdasarkan fungsinya, Doelle (1993) membedakan material akustik sebagai peredam menjadi dua bagian yaitu *sound insulation* dan *sound absorbing*. Peredam insulasi bunyi (*sound insulation*) berfungsi untuk mengurangi kebocoran suara dari satu ruangan ke ruangan lainnya. Peredam serap bunyi (*sound absorbing*) berfungsi untuk mengurangi pantulan yang menyebabkan gema pada sebuah ruangan. Bahan ini mampu menyerap energi suara. Doelle (1993) mengemukakan bahwa material peredam serap suara umumnya bersifat ringan, berpori atau berongga, memiliki permukaan lunak atau berselaput, dan tidak dapat meredam getaran.

Pada umumnya material penyerap secara alami bersifat resistif, berserat (*fibrous*), berpori (*porous*) atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif (Howard dan Angus, 2009).

2.10.1 Bahan Absorpsi Suara

Jenis-jenis bahan penyerap suara yang digunakan dalam rancangan akustik sebagai pengendali bunyi menurut Doelle (1993) dapat diklasifikasikan menjadi bahan berpori, penyerap panel atau penyerap selaput, dan resonator rongga. Material berpori menurut Mediatika (2005), merupakan material penyerap yang paling banyak digunakan contohnya adalah *fiber board*, selimut akustik, dan *acoustic tiles*. Penyerap berpori bermanfaat untuk menyerap bunyi pada frekuensi tinggi sebab pori-porinya yang kecil sesuai dengan besaran panjang gelombang bunyi yang datang. Material berpori efektif untuk menyerap bunyi berfrekuensi di atas 1000 Hz.

Penyerap panel merupakan penyerap energi bunyi berfrekuensi rendah yang efisien. Ketika gelombang bunyi datang dan menimpa panel, panel akan ikut bergetar dan selanjutnya getaran diteruskan pada ruang berisi udara di belakangnya. Resonator rongga (Helmholtz) terdiri dari sejumlah udara tertutup yang dibatasi oleh dinding-dinding tegar dan dihubungkan oleh lubang/celah sempit ke ruang sekitarnya, di mana gelombang bunyi merambat. Resonator rongga memiliki daya serap maksimum pada daerah pita frekuensi rendah yang sempit dan sangat selektif (Doelle, 1993).

2.11 Sound Transmission Loss

Suara adalah gelombang tekanan yang berubah-ubah dengan cepat melalui suatu medium. Ketika suara bergerak melalui udara, tekanan atmosfer bervariasi secara berkala. Jumlah variasi tekanan per detik disebut frekuensi suara, dan diukur dalam Hertz (Hz) yang didefinisikan sebagai siklus per detik. Semakin tinggi frekuensinya, semakin tinggi suara yang dirasakan. Suatu suara keras biasanya memiliki variasi tekanan yang lebih besar dan yang lemah memiliki variasi tekanan yang lebih kecil. Variasi tekanan

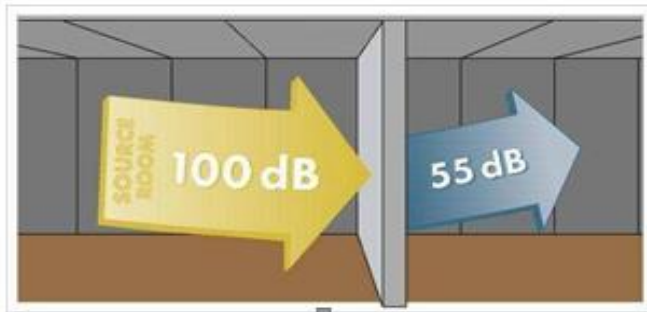
dan tekanan dinyatakan dalam Pascal, disingkat sebagai Pa, yang didefinisikan sebagai N/m^2 (Newton per meter persegi).

Telinga manusia dapat merasakan berbagai tekanan suara yang sangat luas. Suara paling lembut yang dapat dideteksi telinga manusia normal memiliki variasi tekanan 20 Pascals mikro, disingkat sebagai μPa , yaitu $20 \times 10^{-6} Pa$ ("*20 millionth of a Pascal*") dan disebut *Threshold of Hearing*. Untuk menghindari pengekspresian suara atau bunyi dalam hal Pa, yang dapat melibatkan beberapa angka yang tidak dapat dikelola, skala decibel atau dB digunakan. Skala ini menggunakan ambang pendengaran $20 \mu Pa$ atau $20 \times 10^{-6} Pa$ sebagai tingkat referensi. Ini didefinisikan sebagai 0 dB.

Tingkat tekanan suara, yang sering disingkat SPL atau L_p , dalam desibel (dB), kemudian dapat diperoleh dengan menggunakan rumus Persamaan 2.1 berikut (Hawkins, 2014).

$$STL \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \frac{\text{Tekanan suara terukur}}{\text{Tekanan referensi}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Perbedaan antara energi suara di satu sisi dinding atau lantai dan yang terpancar dari sisi kedua/sisi lainnya (keduanya dinyatakan dalam desibel) disebut dengan Sound Transmission Loss (STL). Semakin besar Sound Transmission Loss (dalam desibel), semakin kecil jumlah energi suara yang lewat dan akibatnya, semakin sedikit suara yang didengar. STL tergantung pada frekuensi. Frekuensi rendah melewati dinding / lantai jauh lebih mudah daripada frekuensi tinggi. Itu sebabnya gitar bass dan drum suara dari unit yang berdekatan mudah didengar. Persepsi kenyaringan tidak berkurang pada tingkat yang sama dengan penurunan energi suara.



Gambar 2.4 Ilustrasi *Sound Transmission Loss*

Gambar 2.4 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 STL 45 dB (Warnock, 2018).

Adapun langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai STL diantaranya :

1. Meningkatkan Massa/ Ketebalan

Peningkatan Sound Transmission Loss diharapkan terjadi dengan meningkatnya massa dinding atau sistem langit-langit karena semakin berat elemen, semakin bergetar dalam menanggapi gelombang suara, maka, energi suara yang lebih sedikit akan terpancar di sisi lain.

2. Kontruksi Rongga

Salah satu cara paling efektif untuk meningkatkan kehilangan transmisi suara adalah dengan menggunakan konstruksi lapisan ganda, yaitu dua lapisan material yang dipisahkan oleh ruang udara. Sistem rongga ideal ini tidak akan memiliki hubungan struktural antara lapisan. Rongga memberikan pengurangan kebisingan yang meningkat karena hanya sebagian kecil dari energi bunyi yang ditransmisikan melalui permukaan, kemudian rongga dan lagi permukaan lain.

3. Material Absorptif

Mengisi rongga dengan bahan isolasi absorptif (serat selulosa, serat kaca atau wol mineral) dapat meningkatkan STL secara substansial, terutama ketika rongganya besar. Batts lebih tebal dari dua pertiga dari dinding atau lantai / langit-langit lebar atau kedalaman rongga memberikan sedikit peningkatan tambahan dalam STC. Menambahkan bahan absorpsi ke rongga hanya menguntungkan jika koneksi struktural antara permukaan tidak mengirimkan energi getaran. Misalnya, penambahan insulasi antara giwang dari dinding papan tunggal (dinding papan kayu dengan pelapis yang dipasang langsung ke kedua permukaan kancing) memiliki pengaruh yang kecil karena tidak mengubah jalur transmisi getaran langsung yang dominan melalui kancing.

2.12 *Sound Transmission Class*

Sound Transmission Class merupakan metode penilaian STL melalui udara dari dinding atau lantai / perakitan langit-langit pada frekuensi yang berbeda dengan menggunakan nomor tunggal. Pada tahun 1961, STC diperkenalkan sebagai metode untuk membandingkan berbagai rakitan dinding, langit-langit, lantai, pintu, dan jendela. 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) . Deskripsi dari nilai STC adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Nilai STC (ASTM E-413)

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.

2.13 Barium M-Heksaferrit (BAM)

Barium Heksaferrit merupakan magnet keramik yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Barium Heksaferrit memiliki beberapa keunggulan antara lain ketersediaan bahan bakunya yang melimpah dan pembuatannya yang relatif mudah. Barium Heksaferrit dapat disintesis dengan beberapa metode seperti kristalisasi gas, presipitasi hidrotermal, sol-gel, aerosol, high ball milling, pemanduan mekanik, dan kopresipitasi (Tubitak, 2011). Barium Ferrit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U. Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M, yang biasa dikenal dengan nama BAM. Pengembangan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (*M-type ferrite hexagonal*) sebagai bahan magnetik sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang aplikasi, karena memiliki karakteristik : temperatur Curie yang relative tinggi, nilai koersifitas, saturasi magnetik dan anisotropi magnetik tinggi pula serta stabilitas kimia yang sangat baik (Simbolon Silviana, 2013).

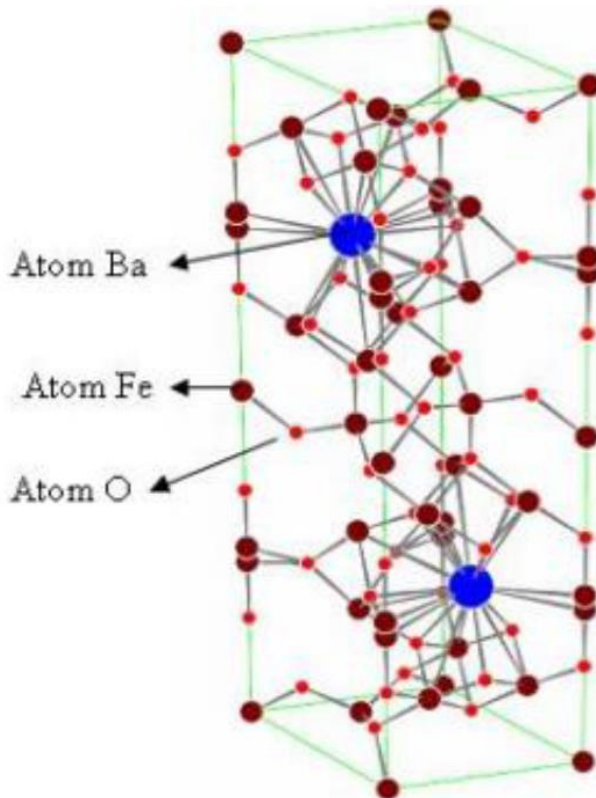
Salah satu aplikasi material magnet permanen barium heksaferrit yang menjadi perhatian saat ini adalah sebagai alat penyerap gelombang mikro (RAM). Hal ini karena sifat listrik dan magnetik dari material ferrimagnetik ini sangat mendukung dalam aplikasi tersebut, yaitu memiliki permeabilitas dan resistivitas yang tinggi. Material oksida magnet tersebut memiliki sifat mekanik

yang sangat kuat dan tidak mudah terkorosi. Namun material tersebut sangat rentan terhadap proses perlakuan panas sehingga mempunyai pengaruh yang cukup signifikan dan memiliki dampak negatif terhadap sifat kemagnetan, tetapi proses ini tidak dapat dihindarkan dalam proses metalurgi serbuk untuk membuat magnet menjadi kuat dan dapat dimanfaatkan dalam teknologi (Simbolon, Silviana, 2013).

Tabel 2.3 Sifat Material Barium M-Heksaferrit
(Kanagesan, 2013)

<i>Material Properties</i> Barium M-Heksaferrit	
<i>Melting Point</i> ($^{\circ}\text{C}$)	1500
<i>Curie Temperatur</i> ($^{\circ}\text{C}$)	450
<i>Specific Gravity</i> (g/cc)	5,3 (20 $^{\circ}\text{C}$)
Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	± 1500
Koersivitas (Oe)	6700
Saturasi (emu/g)	72
Bentuk	Serbuk
Warna	Cokelat kehitam-hitaman

Barium heksaferrit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ yang memiliki parameter kisi $a = 5,8920$ Angstrom, dan $c = 23,1830$ Angstrom memiliki struktur kristal yang sama seperti namanya yaitu struktur heksagonal. Gambar struktur kristal barium heksaferrit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ diperlihatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur kristal heksagonal $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$
(Moulson A.J, et all., 1985)

2.14 Material Penyerap Radar (*Radar Absorbing Material*)

RAM terdiri dari dua bahan yaitu dielektrik dan *magnetic 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 δ . *Magnetic absorber* tergantung

pada kurva histeris magnetik yang diperoleh ketika partikel ferrite diisi ke dalam matriks polimer (Rezende, 2002).

Karakteristik suatu *Radar Absorbing Material* yang baik yaitu memiliki magnetik dan listrik yang baik pula. Material tersebut harus memiliki nilai impedansi tertentu yang nilai permeabilitas relatif (μ_r) dan permitivitas relatifnya (ϵ_r) sesuai dengan nilai μ dan ϵ udara atau vakum agar terjadi resonansi impedansi, sehingga nilai dari reflection loss yang yang dihasilkan bahan cukup besar (Elwindari, 2012).

Mekanisme serapan gelombang elektromagnetik pada material secara umum dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor ketebalan terjadi pada semua material dan semakin tebal material absorbsinya juga semakin besar. Dan serapan radiasi elektromagnetik pada material magnetik disamping karena faktor ketebalan juga terjadi interaksi lain yaitu gelombang elektromagnetik dari luar akan memutar dipol magnetik sehingga terjadi impedansi material (Priyono dan Musni, 2010).

Barium heksaferit yang memiliki sifat *lossy* material, mempunyai faktor *loss* dielektrik dan *loss* magnetik yang tinggi sehingga membuat material tersebut mempunyai sifat yang baik untuk absorpsi gelombang elektromagnetik (RAM) (Sulistyo, 2012).

2.15 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 (Sulistijono, 2012).

Bila v_c adalah volume komposit yang mengandung volume serat v_f dan volume matriks v_m , maka diperoleh Persamaan 2.2 :

$$v_c = v_f + v_m \dots \dots \dots (2.2)$$

Jika fraksi volume serat V_f , fraksi volume matriks V_m , maka seperti pada Persamaan 2.3 berikut ini :

$$V_f = \frac{v_f}{v_c}; V_m = \frac{v_m}{v_c} \dots \dots \dots (2.3)$$

Bila w_c adalah berat komposit yang mengandung berat serat w_f dan berat matriks w_m , maka diperoleh Persamaan 2.4

$$w_c = w_f + w_m \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika fraksi berat serat V_f , fraksi volume matriks V_m , maka seperti Persamaan 2.5

$$W_f = \frac{w_f}{w_c}; W_m = \frac{w_m}{w_c} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat seperti pada Persamaan 2.6, 2.7, dan 2.8 berikut :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \dots\dots\dots (2.6)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \dots\dots\dots (2.7)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \dots\dots\dots (2.8)$$

Densitas komposit, ditentukan dari Persamaan 2.9 dan 2.10 :

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \dots\dots\dots (2.9)$$

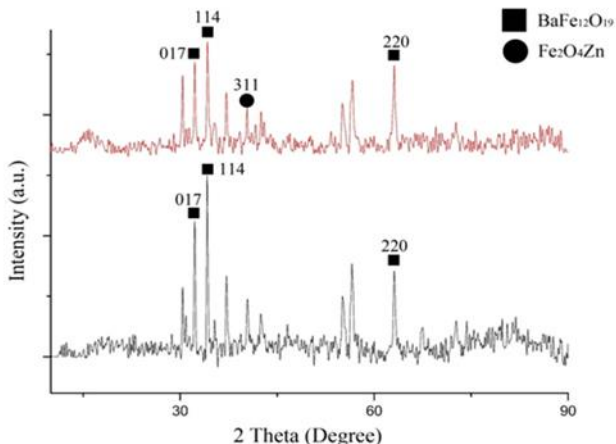
$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \dots\dots\dots (2.10)$$

2.16 Penelitian Terdahulu

Telah banyak penelitian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit (Farid dan Agung, 2015).

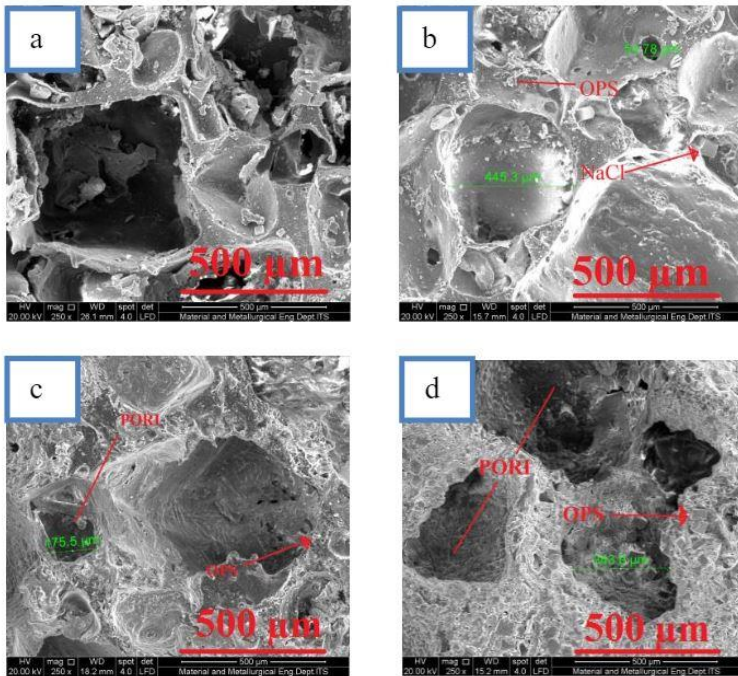
Menurut Farid dan Afira (2017), ukuran *filler* menyebabkan perubahan jumlah dan bentuk pori pada *Silicone Rubber*. Ukuran *filler* menyebabkan rata-rata nilai turun. Nilai α tertinggi pada frekuensi 4000 Hz ada pada *Silicone Rubber* poros murni, yaitu sebesar 0,431. Penambahan fraksi berat merubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada *Silicone Rubber* poros murni. Semakin besar fraksi berat mikro selulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan penambahan *filler* nano selulosa akan menyebabkan penurunan nilai α pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai α tertinggi pada 6% berat dengan nilai α pada frekuensi 4000 Hz sebesar 0,425.

Selain itu, Rosamah et al (2016) mendapatkan sifat mekanik yang baik untuk komposit epoksi berpenguat nanofiller dari serat kelapa sawit pada penambahan nano filler sebanyak 3%. Sifat mekanik yang didapat antara lain kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Pada pengujian ini diperoleh kekuatan tarik sebesar 37,56 MPa dan nilai modulus elastisitas sebesar 1,15 Gpa.



Gambar 2.6 Pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn (Merah) dan Non Dopping (Hitam) (Pradana dan Farid,2017)

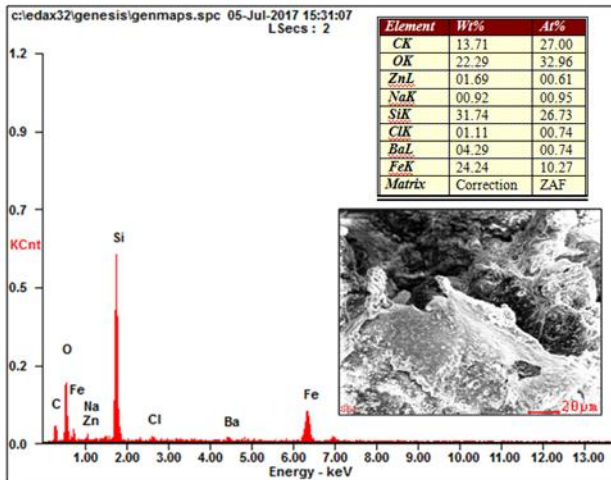
Pada Gambar 2.6 menunjukkan pola grafik hasil uji XRD Barium M-Heksaferrit dari penelitian terdahulu. Terlihat bahwa hasil uji pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel, hal ini mengindikasikan setiap sampel terbentuk fasa yang sama yaitu fasa utama yang terindikasi adalah fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (PDF#43-0002). Material BaM non doping terbentuk fasa tunggal $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan struktur kristal hexagonal (JCPDS 96-100-9034). Material BaM doping 4.88% Zn selain terbentuk fasa utama ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) juga terbentuk fasa kedua (sekunder) yaitu fasa ZnFe_2O_4 (PDF card 01-082-1049). Selain itu, terjadi pergeseran 3 peak tertinggi pada BaM Non Doping 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 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (Nia, 2016). Pergeseran posisi 2-theta mengindikasikan adanya perubahan struktur kristal dari semula (Ilham,2016). Untuk puncak difraksi $\text{BaFe}_{11-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ mengalami pergeseran puncak 2-theta ke arah kiri mengindikasikan bahwa ion Zn^{2+} yang masuk ke kisi $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ secara intertisi (Tokmakci,2013).



Gambar 2.7 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)

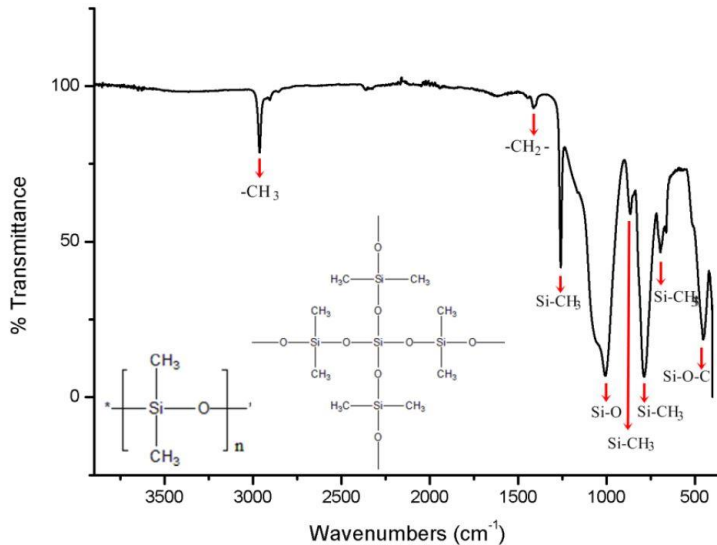
Pada Gambar 2.7 menunjukkan hasil uji SEM komposit *Silicone Rubber* berongga dengan *filler* cangkang kelapa sawit dengan perbesaran 250x pada penelitian terdahulu. Dapat dilihat dari hasil uji SEM tersebut menunjukkan morfologi yang terbentuk pada komposit yang terlihat berupa pori, *filler* cangkang kelapa sawit, dan NaCl. Gambar 2.7(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 2.7(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 2.7(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 2.7(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 2.8 Hasil Pengujian EDX Komposit Porous SR/OPS
(Zulhelmi dan Farid, 2017)

Pada Gambar 2.8 menunjukkan hasil pengujian EDX pada komposit *Porous Silicone Rubber/ Oil Palm Shell* pada penelitian terdahulu. Dari hasil pengujian EDX tersebut menunjukkan bahwa terdapatnya unsur Na dan Cl dalam komposit *Porous Silicone Rubber/ Oil Palm Shell* dan dibuktikan juga terlihatnya NaCl dari morfologi komposit dalam hasil uji SEM.

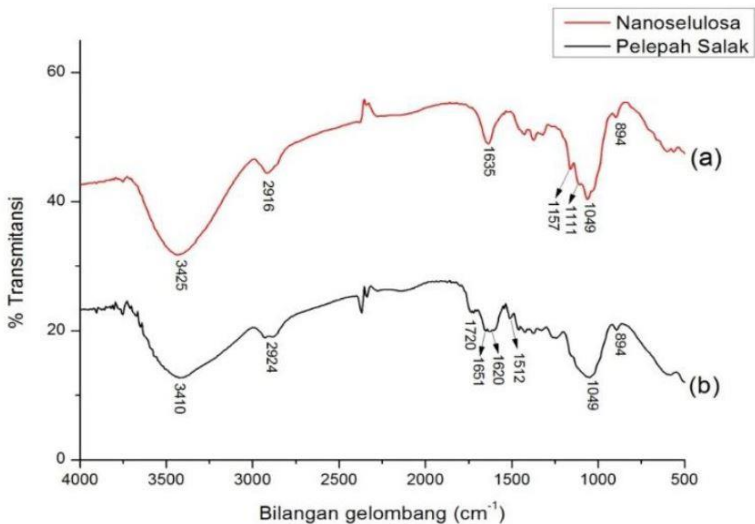


Gambar 2.9 Hasil Uji FTIR *Silicone Rubber* Berpori
(Dhani dan Farid, 2017)

Pada Gambar 2.9 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 cm^{-1} . Terdapat pula gugus silikon organik $\text{Si}-\text{CH}_3$ yang mengalami vibrasi pada puncak 1258.02 cm^{-1} - 1864.02 cm^{-1} , 785.41 cm^{-1} dan 694.34 cm^{-1} . Pada puncak 1006.13 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus Siloksan $\text{Si}-\text{O}$ yang mengalami $\text{Si}-\text{C}$ stretching. Dan pada puncak 451.93 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus silikon organik $\text{Si}-\text{O}-\text{C}$ yang mengalami deformasi vibrasi.

Tabel 2.4 Daerah Serapan Infra Merah *Silicone Rubber* Berpori
(Dhani dan Farid, 2017)

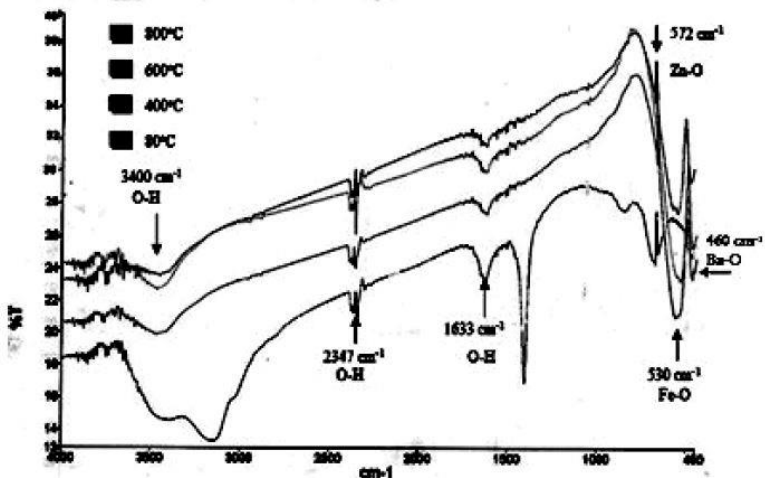
Daerah Serapan (cm^{-1})	Ikatan	Gugus Fungsi	Jenis Gugus Fungsi
2960.65	$-\text{CH}_3$	Alifatik	-
1258.02	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
1006.13	$\text{Si}-\text{O}$	Siloksan	Si-C Stretching
864.02	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
785.41	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
694.34	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
451.93	$\text{Si}-\text{O}-\text{C}$	Silikon Organik	Deformasi Vibrasi



Gambar 2.10 Hasil Uji FTIR Pada Nanoselulosa dan Pelepah Pohon Salak (Liska, 2018)

Pada Gambar 2.10 menunjukkan grafik hasil uji FTIR serta puncak serapan inframerah yang terbentuk pada nanoselulosa dan pelepah pohon salak pada penelitian terdahulu. Spektra inframerah pelepah salak dan nanoselulosa menunjukkan pergeseran bilangan gelombang 3700-3300 cm^{-1} yang menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus fungsi $-\text{OH}$. Pergeseran serapan nanoselulosa 3425 cm^{-1} dan 3410 cm^{-1} pada pelepah salak disebabkan perlakuan basa, oksidasi dan hidrolisis asam. Semakin tajamnya puncak serapan gugus $-\text{OH}$ ini disebabkan oleh gugus asam dan alkohol yang terdapat pada nanoselulosa. Pergeseran bilangan gelombang 3000-2800 cm^{-1} yang menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus fungsi $-\text{CH}$. Pergeseran serapan nanoselulosa 2916 cm^{-1} dan pelepah salak 2924 cm^{-1} Semakin tajam puncak serapan vibrasi ulur gugus fungsi $-\text{CH}$ dipengaruhi oleh

transformasi perubahan ikatan inter dan intramolekul selulosa. Pergeseran bilangan gelombang 1600-1640 cm^{-1} yang menunjukkan gugus -OH *bending* terlihat pada serapan 1620 cm^{-1} untuk pelepah salak dan 1635 cm^{-1} untuk serapan nanoselulosa. Pergeseran bilangan gelombang tersebut dan semakin tajamnya puncak serapan gugus -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 2.11 Hasil Uji FTIR Barium M-Heksaferrit Doping Zn Dengan Variasi Temperatur Kalsinasi (Susilawati, 2015)

Pada Gambar 2.11 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-Heksaferrit Doping Zn) dengan variasi temperatur kalsinasi 80°C, 400°C, 600°C, 800°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

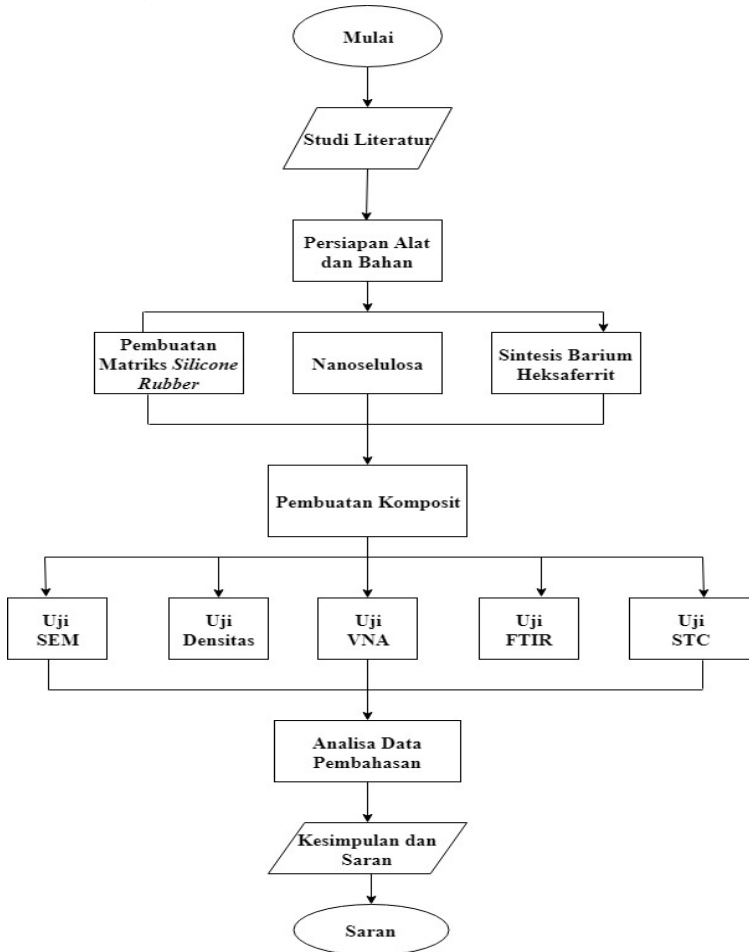
gelombang 3447 cm^{-1} dan 2345 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang $3700\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H. Pada puncak 16333 cm^{-1} menunjukkan terbentuknya ikatan O-H. Bilangan gelombang kurang dari 1000 cm^{-1} dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide*. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada 572 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan Zn-O. Selain itu terdapat juga puncak pada 530 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Fe-O dan terdapat juga puncak pada 460 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Ba-O.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

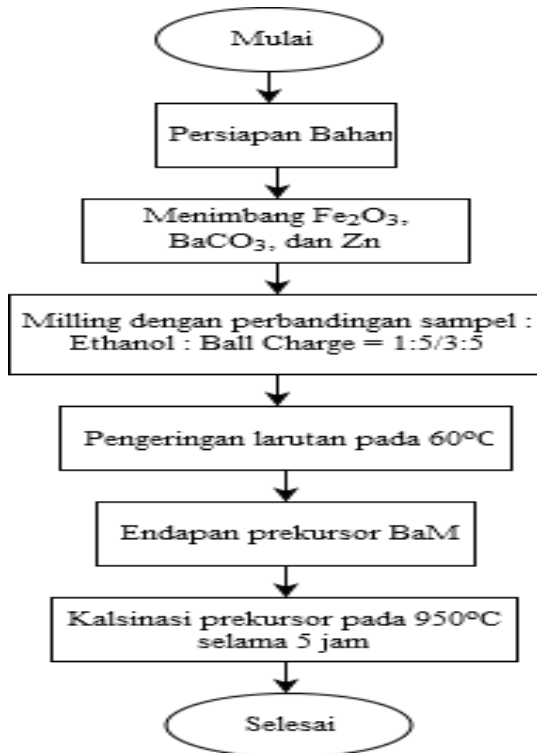
3.1 Metode Penelitian

3.1.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferit



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 ditunjukkan oleh Gambar 3.3 dibawah ini.

3. Bluesil Catalyst

Bluesil Catalyst merupakan bahan katalis yang digunakan dalam pembuatan komposit silicone rubber yang berwarna bening seperti pada Gambar 3.5. Bluesil catalyst yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.



Gambar 3.5 Katalis Bluesil

4. NaCl

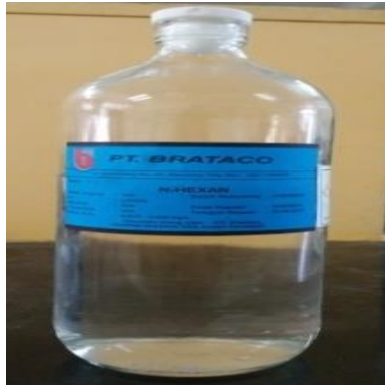
NaCl yang digunakan berbentuk serbuk yang berwarna putih seperti pada Gambar 3.6. NaCl yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



Gambar 3.6 NaCl

5. *Hexane*

Hexane yang digunakan berwarna bening untuk pelarut dari *silicone rubber* RTV 585 seperti pada Gambar 3.7. *Hexane* yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



Gambar 3.7 Hexane

6. Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3)

Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3) yang digunakan berwarna putih. Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.8 yang diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



Gambar 3.8 BaCO₃

7. Serbuk Besi (III) Oksida (Fe₂O₃)
Serbuk Besi (III) Oksida (Fe₂O₃) yang digunakan berwarna merah bata. Besi (III) Oksida (Fe₂O₃) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.9 yang diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



Gambar 3.9 Fe₂O₃

8. Serbuk Zn

Serbuk Zn yang digunakan berwarna abu-abu. Serbuk Zn merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit yang diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Serbuk Zn

9. Alkohol

Alkohol yang digunakan adalah alkohol 96% berbentuk cairan berwarna bening. Alkohol 96% yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya yang ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 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 3.12



Gambar 3.12 Timbangan Digital

2. *Planetary Ball Milling*
Planetary Ball Mill yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material ITS seperti pada Gambar 3.13



Gambar 3.13 *Planetary Ball Mill*

3. *Vacum Furnace*

Alat ini digunakan untuk proses kalsinasi serbuk hasil proses milling. *Vacum furnace* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 *Vacum Furnace*

4. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur dimensi spesimen.

5. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Cetakan Spesimen

6. *Hot Plate dan Stirrer*

Alat ini digunakan untuk mengeringkan serbuk prekursor BaM yang masih dalam bentuk larutan *wet milling* setelah proses penggilingan dari Ball Mill. *Hot plate dan Stirrer* yang digunakan milik laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.16



Gambar 3.16 *Hot Plate dan Stirrer*

7. *Aluminium Foil*

Digunakan untuk melapisi cetakan agar tidak lengket.

8. Gelas Beaker

Alat ini digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan larutan.

9. Alat Uji SEM

Alat SEM yang digunakan milik laboratorium sentral di Departemen Teknik Mesin FT – Universitas Brawijaya seperti pada Gambar 3.17



Gambar 3.17 Alat Uji SEM

10. Alat Uji Densitas

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

11. Alat Uji FTIR

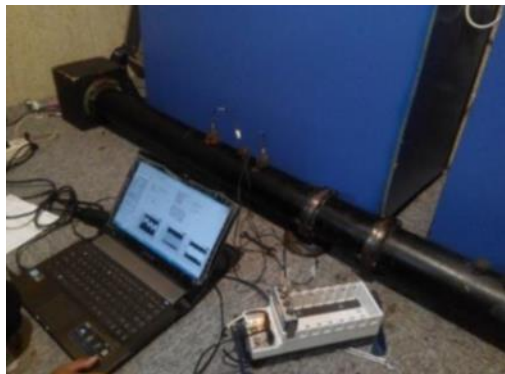
Alat FTIR yang digunakan merupakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material FTI-ITS, yang dapat dilihat pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 Alat Uji FTIR

12. Alat Uji STC

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai STC pada sampel. Alat STC milik Laboratorium Akustik Material di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS seperti pada Gambar 3.19



Gambar 3.19 Alat Uji STC

13. Alat Uji *Vector Network Analyzer* (VNA)

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro pada sampel milik Laboratorium Pusat

Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI
Bandung seperti pada Gambar 3.20



Gambar 3.20 Alat Uji VNA

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi massa nanoselulosa dengan masing-masing komposisi sebesar 0%, 1%, dan 3%

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	FTIR	VNA	Densitas	STC
1	<i>Silicone Rubber</i> berporos + 10% BaM	V	V	V	V	V
2	SR+10% BaM+1% Nanoselulosa	V	V	V	V	V
3	SR+10% BaM +3% Nanoselulosa	V	V		V	V

3.5 Prosedur 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.

A. Pengolahan Matriks

1. Karet silikon RTV dilarutkan dengan *Hexane* lalu kemudian ditambahkan garam dapur (NaCl).

B. Sintesis Barium M- Heksaferrit

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

1. Serbuk Fe_2O_3 dicampurkan dengan $BaCO_3$ dan ditambahkan dengan serbuk Zn^{2+} sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam jar milling seperti pada Gambar 3.21



Gambar 3.21 Pencampuran Bahan Barium Heksaferrit

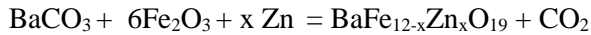
2. Dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sample : alkohol : bola baja adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) selama 30 menit.
3. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur 60°C dan didapatkan serbuk prekursor BAM seperti pada Gambar 3.22



Gambar 3.22 Prekursor BaM

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

5. Reaksi yang terjadi selama proses sintesis sebagai berikut :



C. Pembuatan Cetakan

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

D. 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.

3.6 Proses Pengujian

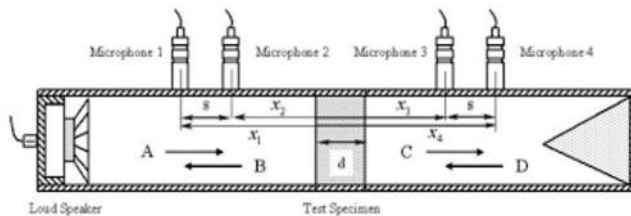
Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

3.6.1 Pengujian STC

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. Adapun metode perhitungan nilai STC yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode tabung impedansi.

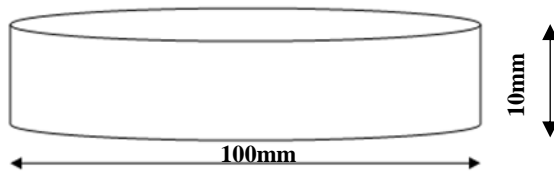
Metode ini menggunakan sebuah tabung dan 2 buah mikrofon sebagai sensor penangkap bunyi. Metode ini mengacu pada ASTM E413-16. Gambar menunjukkan skema diagram tabung impedansi untuk mengukur *sound transmission loss*.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS.



Gambar 3.23 Tabung Impedansi Untuk Pengukuran *Sound Transmission Loss* (ASTM E1050, 1998)

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



Gambar 3.24 Dimensi Spesimen Uji STC
(Bathara, 2017)

Langkah dari pengujian STC diantaranya:

1. Memasukkan 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 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)

Untuk pengujian STC spesimen dibuat dengan cetakan dengan ukuran diameter 10cm dan tebal 1cm yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.25

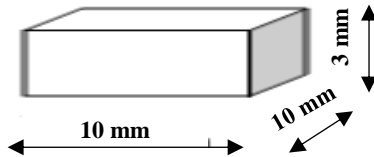


Gambar 3.25 Spesimen Uji STC

3.6.2 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

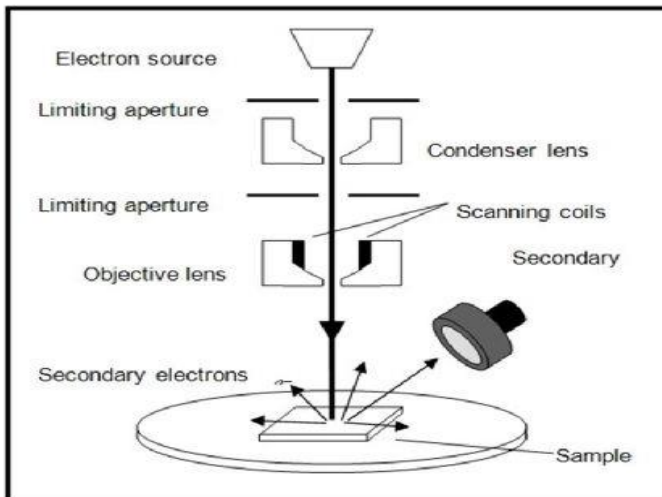
Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material.

Standar yang digunakan adalah ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm.



Gambar 3.26 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 3.27 Prinsip Kerja SEM (Alldi, 2015)

Adapun spesifikasi alat dari mesin SEM di Departemen Teknik Mesin Universitas Brawijaya adalah :

- Tipe : PhenomTM G2 pro
- System : *imaging module, 19" touch-screen monitor, rotary knob, mouse, diaphragm vacuum pump, power supply, USB 2.0 flash drive*
- Imaging modes : *light optical magnification 20-120 x, Electron optical magnification range : 80 - 45.000 x, Digital zoom max 12 x*
- Illumination : *Light optical selectable axial and off-axis LEDs, Electron Optical long-lifetime thermionic source, Acceleration Voltage 5 kV, Resolution 25 nm.*
- Digital image : *Light Optical color navigation camera, Electron Optical high-sensitivity backscattered electron detector*
- Image format : *JPEG, TIFF, BMP*
- Image resolution : *456 x 456, 684 x 684, 1024 x 1024, 2048 x 2048 pixels*
- Pixel resolution : *2,9 nm*
- Sample size : *25 mm (dia) x 30mm (h)*
- Sample loading : *Light optical <5s, Electron Optica <30s*
- 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*
- Ambient Temp : *15°C ~ 30°C (59 F ~ 86 F)*
- Humidity : *< 80 % RH*
- Power : *Single-Phase AC 110-240 Volt 50/60 Hz, 300 W (max)*

Pembuatan spesimen SEM diambil dari sisa spesimen uji STC kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar. Gambar 3.28 menunjukkan dimensi dari spesimen komposit uji SEM.



Gambar 3.28 Spesimen Komposit Uji SEM
(kiri) SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM, (tengah)
SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM, (kanan)
SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM

3.6.3 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standar ASTM D729. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi suara. Perhitungannya adalah dengan mencari *specific gravity* terlebih dahulu yaitu dengan Persamaan 3.1 :

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

Dimana:

a = massa spesimen, tanpa wire atau sinker di udara

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

sp = *Spesific Gravity*

w = massa total sinker atau wire yang tercelup

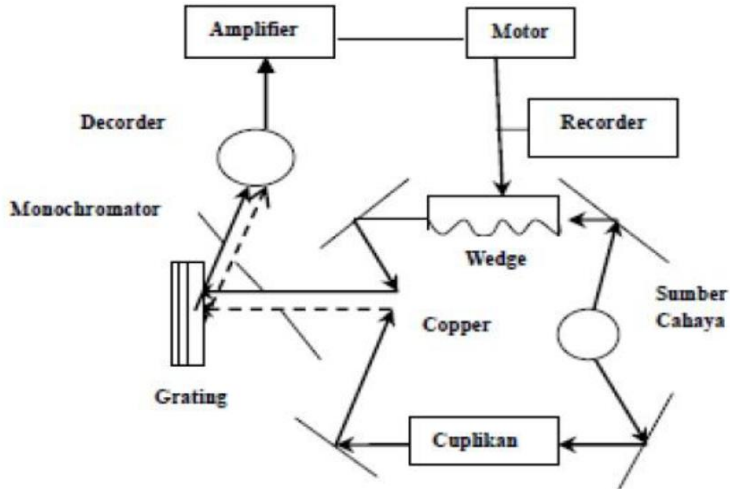
setelah mendapat *specific gravity*, kita dapat menghitung densitas dengan perhitungan Persamaan 3.2 seperti berikut:

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

3.6.4 Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

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 inorganik). 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 3.29 Skema Uji FTIR (Zhou, 2000)

Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10 milik Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS. Tahap pengujian adalah sampel diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

3.6.5 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).



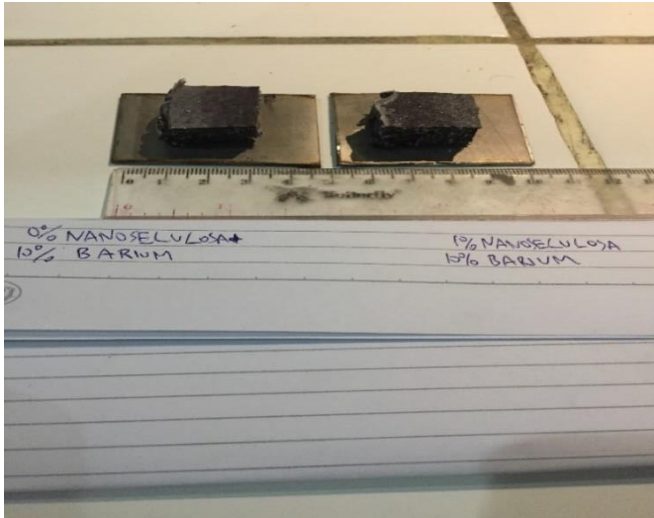
Gambar 3.30 Vector Network Analyzer (VNA) (Nuraini, 2015)

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).

Spesimen komposit uji VNA ditunjukkan seperti pada Gambar 3.31

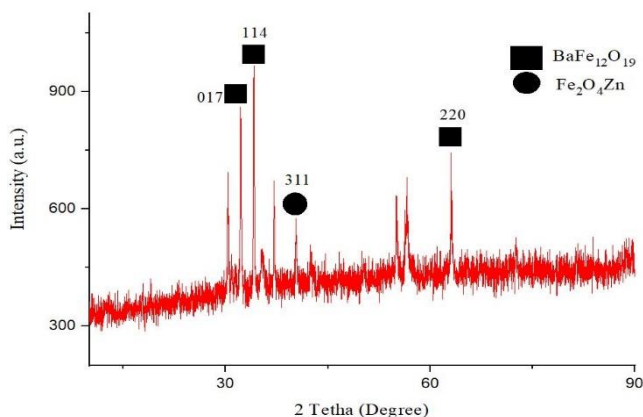


Gambar 3.31 Spesimen Komposit Uji VNA
(kiri) SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM, (kanan)
SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian XRD Barium M-Heksaferrit

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk atau terdapat pada suatu material. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut 10° - 90° dan menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1.54060 Å. Pola XRD untuk serbuk BaM Dopping Zn ditunjukkan pada Gambar 4.1



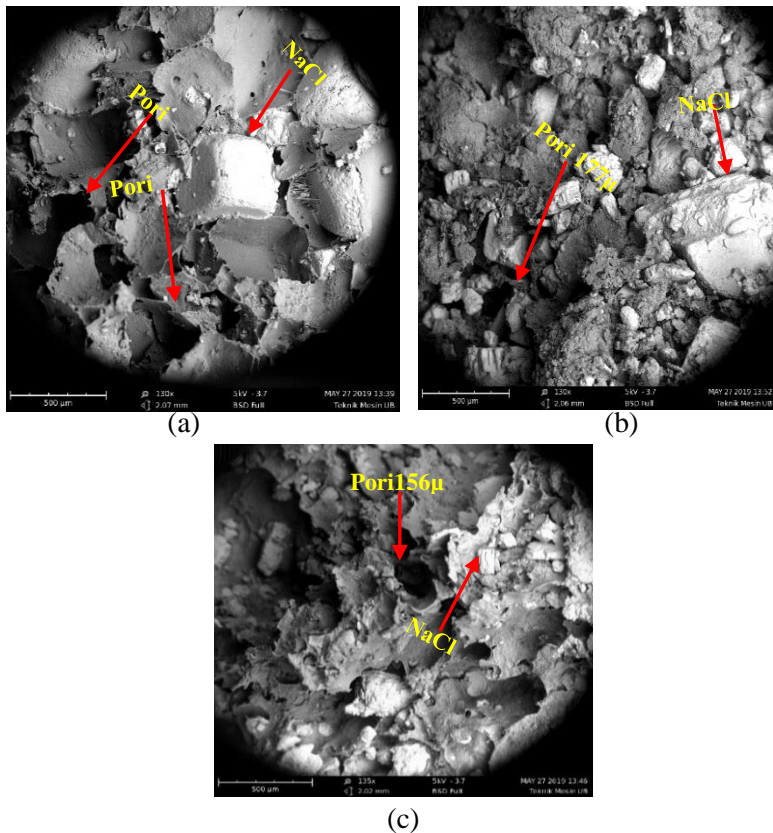
Gambar 4.1 Pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn

Pada Gambar 4.1 menunjukkan pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn dari hasil uji XRD pada sampel di penelitian saat ini. Sedangkan pada Gambar 2.6 di BAB II pada penelitian terdahulu menunjukkan pola XRD Barium M-Heksaferrit dari hasil uji XRD pada penelitian terdahulu (Pradana dan Farid, 2017). Dapat dibandingkan bahwa pada kedua grafik hasil uji XRD menunjukkan pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel. Pada kedua grafik hasil uji XRD pada kedua sampel mengindikasikan terbentuknya fasa utama yang sama mengindikasikan setiap sampel terbentuk fasa yang sama yaitu fasa utama yang terindikasi adalah fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (PDF#43-0002).

Pada material BaM doping 4.88% Zn selain terbentuk fasa utama ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) juga terbentuk fasa kedua (sekunder) yaitu fasa ZnFe_2O_4 (PDF card 01-082-1049). Pada grafik pola XRD Barium M-Heksaferrit Dopping Zn pada sampel penelitian terdahulu pada Gambar 2.6 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° dengan indeks miller 114, pada peak 32.2906° dengan indeks miller 017, dan pada peak 63.1173° dengan indeks miller 220. 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° dengan indeks miller 114, pada peak 32.0253° dengan indeks miller 017, dan pada peak 63.0808° dengan indeks miller 220. 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 terdahulu sehingga menunjukkan bahwa pada penelitian kali ini juga menunjukkan terbentuknya Barium M-Heksaferrit dengan Dopping Zn.

4.2 Hasil Pengujian SEM Komposit

Morfologi dari komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/nanoselulosa ditunjukkan dengan fotomikrografi *Scanning Electron Microscope*. Pengujian morfologi ini dilakukan di Laboratorium Sentral Departemen Teknik Mesin FT-UB.



Gambar 4.2 Hasil Morfologi Komposit

(a.) SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM Perbesaran 130x,

(b.) SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM Perbesaran 130x,

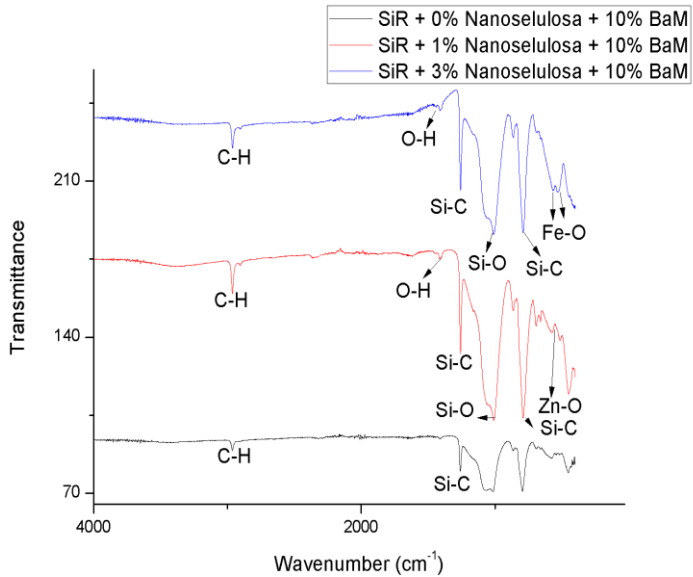
(c.) SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM Perbesaran 135x

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/nanoselulosa dengan perbesaran 130x dan 135x. Dalam hasil pengujian SEM tersebut morfologi yang dapat terlihat adalah pori-pori dan *filler* NaCl. Gambar 4.2 (a.) menunjukkan hasil pengujian SEM dengan perbesaran 130x dari komposit *silicone rubber* dengan komposisi *filler* 10% barium

heksaferrit. Terlihat bahwa ukuran pori-pori besar serta pori yang cukup banyak dan matriks yang sangat padat dikarenakan filler pada Gambar 4.2 (a.) hanya 10% barium heksaferrit. Gambar 4.2 (b.) menunjukkan hasil pengujian SEM dengan perbesaran 130x dari komposit *silicone rubber* dengan komposisi *filler* 1% nanoselulosa, dan 10% barium heksaferrit. Pada komposit ini terlihat bahwa pori-pori yang terbentuk lebih kecil ukurannya dan memiliki jumlah pori yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan komposit *silicone rubber* dengan komposisi *filler* 10% barium heksaferrit selain itu juga dapat dilihat *filler* yang terbentuk pada permukaan komposit *silicone rubber* tersebut. Gambar 4.2 (c.) menunjukkan hasil pengujian SEM dengan perbesaran 135x dari komposit *silicone rubber* dengan komposisi *filler* 3% nanoselulosa, dan 10% barium heksaferrit. Pada komposit ini terlihat bahwa jumlah pori-pori yang terbentuk lebih sedikit dan ukurannya relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan komposit *silicone rubber* dengan komposisi *filler* 1% nanoselulosa dan 10% barium heksaferrit. Pada ketiga gambar hasil uji SEM dari komposit *silicone rubber* tersebut diatas dapat diamati bahwa semakin banyak penambahan *filler* pada komposit tersebut maka jumlah pori yang terbentuk lebih sedikit serta bentuk dan ukuran pori-pori yang terbentuk lebih tidak beraturan dan lebih cenderung semakin mengecil ukurannya. Hal tersebut disebabkan karena semakin banyak penambahan *filler* menyebabkan pori menjadi terdeformasi (Chen,2012).

4.3 Hasil FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Pengujian FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan kimia yang ada pada komposit *silicone rubber*/nanoselulosa/barium heksaferrit. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI ITS. Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian FTIR pada ketiga spesimen komposit.



Gambar 4.3 Hasil Uji FTIR Komposit *Silicone Rubber/Nanoselulosa/Barium Heksaferrit*

Tabel 4.1 Daerah Serapan *Infrared* Komposit

Komposit	Wavenumber (cm^{-1})	Jenis Ikatan
SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM	454,94	Si-O-C Deformasi Vibrasi
	578,51	Zn-O
	694,28	Si-C Vibrasi
	795,27	C-H Deformasi
	864,24	Si-C Vibrasi
	1014,95	C-OH Stretching
	1259,31	Si-C Vibrasi
2961,85	C-H Stretching	
SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM	448,40	Si-O-C Deformasi Vibrasi
	571,83	Zn-O
	693,95	Si-C Vibrasi
	790,40	Si-C Vibrasi
	864,38	Si-C Vibrasi
	1009,45	Si-O Stretching
	1258,21	Si-C Vibrasi
	1412,40	O-H Deformasi
2961,86	C-H Stretching	
SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM	529,44	Fe-O
	563,52	Fe-O
	790,61	Si-C Vibrasi
	863,95	Si-C Vibrasi
	1009,21	Si-O Stretching
	1257,76	Si-C Vibrasi
	1411,71	O-H Deformasi
2961,14	C-H Stretching	

Tabel 4.1 menunjukkan puncak serapan infrared dari ketiga komposit. Puncak serapan $2961,85 \text{ cm}^{-1}$ serta $2961,86 \text{ cm}^{-1}$ dan $2961,14 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan peregangan ikatan C-H yang mewakili

gugus Alkana. Pada puncak serapan $1412,40\text{ cm}^{-1}$ dan $1411,71\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan O-H deformasi. Sedangkan pada puncak serapan $1259,31\text{ cm}^{-1}$ serta $1258,21\text{ cm}^{-1}$ dan $1257,76\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-C vibrasi yang mewakili gugus fungsi Silikon Organik. Pada puncak serapan $1014,95\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan peregangan ikatan C-OH. Pada puncak serapan $1009,45\text{ cm}^{-1}$ dan $1009,21\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan peregangan ikatan Si-O yang mewakili gugus fungsi Siloksan. Sedangkan pada puncak serapan $864,24\text{ cm}^{-1}$ serta $864,38\text{ cm}^{-1}$ dan $863,95\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-C vibrasi yang mewakili gugus Silikon Organik. Pada puncak serapan $795,27\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C-H deformasi. Pada puncak serapan $790,40\text{ cm}^{-1}$ dan $790,61\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-C vibrasi yang mewakili gugus Silikon Organik. Sedangkan pada puncak serapan $694,28\text{ cm}^{-1}$ dan $693,95\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-C vibrasi yang mewakili gugus Silikon Organik. Pada puncak serapan $578,51\text{ cm}^{-1}$ dan $571,83\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Zn-O. Sedangkan pada puncak serapan $563,52\text{ cm}^{-1}$ dan $529,44\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Fe-O. Kemudian pada puncak serapan $454,94\text{ cm}^{-1}$ dan $448,40\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-O-C deformasi vibrasi yang mewakili gugus Silikon Organik.

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 pada daerah serapan infrared dengan puncak serapan $448\text{-}454\text{ cm}^{-1}$, $693\text{-}694\text{ cm}^{-1}$, 790 cm^{-1} dan 863 cm^{-1} serta 864 cm^{-1} lalu pada puncak serapan 1009 cm^{-1} , $1257\text{-}1259\text{ cm}^{-1}$ dan kemudian pada puncak serapan 2961 cm^{-1} merupakan puncak serapan dengan ikatan kimia yang menunjukkan adanya matriks *silicone rubber* karena terdapat ikatan Si-O-C deformasi vibrasi, ikatan Si-C vibrasi, peregangan ikatan Si-O dan peregangan ikatan C-H serta terdapat gugus silikon organik, siloksan, dan alkana yang menjadi ciri khas *silicone rubber* (Dhani dan Farid, 2017).

Pada komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM dan komposit SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM terdapat sedikit perbedaan puncak apabila dibandingkan dengan komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM yaitu pada puncak serapan $1412,40\text{ cm}^{-1}$ dan $1411,71\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan ikatan O-H

deformasi dan memiliki gugus alkohol. Puncak serapan dengan ikatan O-H tersebut disebabkan oleh gugus asam dan alkohol yang terdapat pada nanoselulosa yang terjadi karena serapan air dalam proses hidrolisis asam sehingga gugus fungsi O-H merupakan gugus khas nanoselulosa (Liska, 2018). Pada daerah serapan infrared dengan rentang puncak serapan $529\text{-}578\text{cm}^{-1}$ terdapat ikatan kimia yang merupakan karakteristik barium heksaferrit sehingga menunjukkan adanya barium heksaferrit dalam komposit yaitu terdapat ikatan Fe-O dan Zn-O pada ketiga spesimen komposit. Gugus ikatan Zn-O yang terdapat pada puncak serapan $578,51\text{ cm}^{-1}$ dan $571,83\text{ cm}^{-1}$ terjadi karena adanya penambahan dopping Zn pada proses sintesa barium heksaferrit. Terdapat juga gugus ikatan Fe-O pada puncak serapan $529,44\text{ cm}^{-1}$ dan $563,52\text{ cm}^{-1}$. Terbentuknya ikatan Zn-O dan Fe-O pada hasil uji FTIR komposit pada penelitian kali ini yang menunjukkan karakteristik terbentuknya Barium M-Heksaferrit Dopping Zn juga diperkuat dengan daerah puncak serapan yang terbentuk pada pada Gambar 2.11 yang menunjukkan hasil uji FTIR terhadap BaM Dopping Zn pada penelitian terdahulu (Susilawati, 2015). Hasil uji FTIR terhadap BaM Dopping Zn pada penelitian terdahulu tersebut juga menunjukkan ikatan kimia yang terdapat pada puncak serapan yang hampir sama pada penelitian kali ini yaitu terdapatnya ikatan Zn-O pada puncak 572 cm^{-1} dan juga terdapatnya ikatan Fe-O pada puncak 530 cm^{-1} .

4.4 Hasil Pengujian Densitas Komposit

Pengujian densitas komposit dilakukan sesuai standar ASTM D792 dengan media air. Tabel 4.2 menunjukkan nilai densitas pada komposit *silicone rubber* berpenguat barium heksaferrit dan nanoselulosa.

Tabel 4.2 Nilai Densitas Komposit

Spesimen	Densitas (gr/cm ³)
SiR +0% Nanoselulosa+10% BaM	1,4859
SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM	1,4994
SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM	1,5089

Pada Tabel 4.2 menunjukkan densitas komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM memiliki nilai sebesar 1,4859 gr/cm³, komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM sebesar 1,4994 gr/cm³, dan komposit SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM sebesar 1,5089 gr/cm³.

Dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa pengaruh penambahan *filler* nanoselulosa terhadap komposit *silicone rubber*/nanoselulosa/barium heksaferrit menyebabkan peningkatan pada nilai densitas komposit. Hal ini disebabkan karena densitas nanoselulosa lebih besar dari densitas matriks komposit tersebut yaitu *silicone rubber*. Menurut Sulthoni (2016) penambahan *filler* yang memiliki nilai densitas lebih besar dibandingkan nilai densitas matriks menyebabkan densitas komposit menjadi lebih besar.

4.5 Hasil Pengujian STC

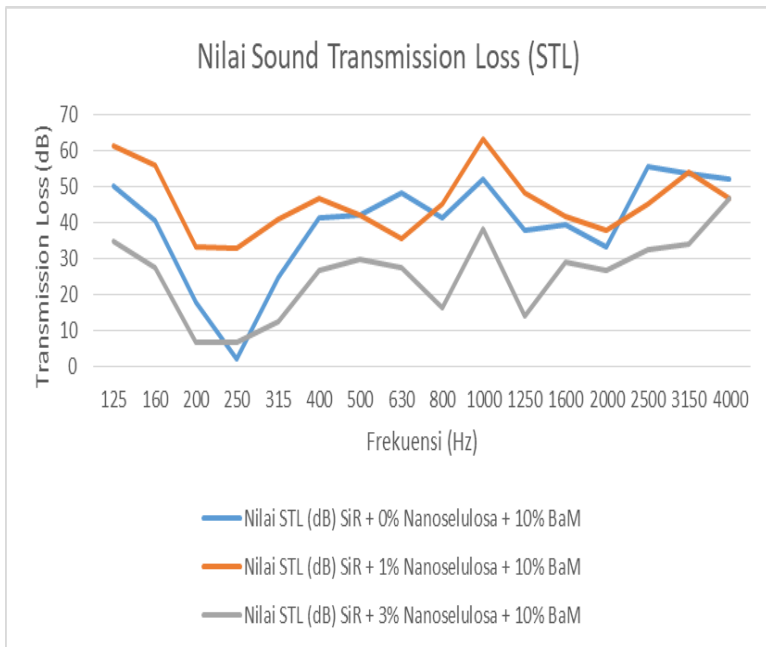
Pengujian STC (*Sound Transmission Class*) dilakukan untuk mendapatkan nilai STC untuk mengetahui kemampuan rata-rata *transmission loss* suatu bahan/material dalam mereduksi suara dari berbagai frekuensi. Pengujian STC dilakukan di Laboratorium Vibrasi dan Akustik Departemen Teknik Fisika FTI-ITS. Metode yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan standar ASTM E413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation*. Dengan semakin tingginya nilai STC, maka semakin bagus material tersebut dalam mereduksi suara. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian STC komposit *silicone rubber*/nanoselulosa/barium heksaferrit.

Tabel 4.3 Nilai STC dan *Sound Transmission Loss* Komposit

Frekuensi (Hz)	Nilai STL (dB)		
	SiR + 0% Nanoselulosa + 10% BaM	SiR + 1% Nanoselulosa + 10% BaM	SiR + 3% Nanoselulosa + 10% BaM
125	50.13	61.23	34.54
160	40.64	56.01	27.36
200	17.75	33.27	6.6
250	1.98	32.82	6.75
315	24.57	40.79	12.33
400	41.17	46.58	26.71
500	42.1	41.99	29.59
630	48.05	35.52	27.53
800	41.28	45.09	16.38
1000	52.17	63.13	37.98
1250	37.9	48.06	13.73
1600	39.12	41.68	28.81
2000	33.2	37.66	26.55
2500	55.29	45.02	32.43
3150	53.44	53.92	33.88
4000	52.09	46.53	46.44
STC	16	41	17

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai *Transmission Loss* hasil pengujian STC dari ketiga spesimen terhadap setiap frekuensi berbeda-beda serta nilai STC yang berbeda dari ketiga spesimen komposit. Dapat dilihat bahwa nilai *Transmission Loss* dari ketiga spesimen berdasarkan hasil pengujian memiliki nilai yang berbeda-

beda serta mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap frekuensinya, namun tetap menunjukkan karakteristik penyerapan dengan jenis material penyerap suara *porous absorber* karena material penyerap suara dengan jenis *porous absorber* memiliki karakteristik menyerap energi suara lebih besar pada frekuensi tinggi (Howard, 2009). Perbedaan kemampuan setiap spesimen komposit dalam menyerap suara dikarenakan perbedaan komposisi yang menyebabkan perbedaan kerapatan atau ketidakhomogenan spesimen (Sulthoni dan Farid, 2016). Selain itu perbedaan nilai *Transmission Loss* dari ketiga spesimen dalam setiap frekuensi terjadi 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 (Sumoro, 2007).



Gambar 4.4 Nilai *Sound Transmission Loss* (STL)

Gambar 4.4 menunjukkan nilai *Sound Transmission Loss* (STL) pada masing-masing spesimen. Dapat dilihat pada Tabel 4.3 nilai STC tertinggi pada penelitian ini terdapat pada komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 1% dan 10% BaM sebesar 41 dan memiliki nilai *Transmission Loss* tertinggi sebesar 63,13 dB pada frekuensi 1000 Hz yang merupakan *Transmission Loss* tertinggi pada penelitian ini.

Penambahan *filler* nanoselulosa dengan persentase sebesar 1% pada komposit *silicone rubber* menyebabkan terjadinya peningkatan nilai STC yang signifikan apabila dibandingkan dengan nilai STC sebelumnya pada komposit *silicone rubber* dengan persentase *filler* hanya 10% BaM yang memiliki nilai STC sebesar 16 yang kemudian terjadi peningkatan nilai STC yang sangat signifikan menjadi sebesar 41 pada komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 1% dan 10% BaM. Namun terjadi penurunan nilai STC pada komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 3% dan 10% BaM menjadi sebesar 17. Penurunan nilai ini disebabkan karena partikel telah jenuh maka terjadi pembuangan energi yang mengakibatkan kemampuan absorpsi suara menurun (Sinaga, 2012).

Berdasarkan hasil uji STC menunjukkan bahwa penambahan fraksi massa *filler* nanoselulosa mencapai titik optimal untuk penyerapan suara pada persentase penambahan sebesar 1% sehingga memiliki nilai STC dan *Transmission Loss* tertinggi pada penelitian ini namun pada penambahan fraksi massa *filler* nanoselulosa sebesar 3% terjadi penurunan nilai STC yang menunjukkan bahwa partikel nanoselulosa telah mencapai titik jenuh sehingga kemampuan penyerapan suara tidak seoptimal komposit *silicone rubber* dengan fraksi massa nanoselulosa sebesar 1%. Selain itu setiap penambahan fraksi massa *filler* belum tentu menaikkan kemampuan absorpsi suara suatu material karena fraksi *filler* yang tinggi akan cenderung tidak homogen distribusinya dan juga lebih teraglomerasi pada satu titik (Sari dan Farid, 2018). Dapat dilihat pada Tabel 4.3 nilai *Transmission Loss* pada komposit *silicone rubber* dengan persentase *filler* hanya 10%

BaM menunjukkan bahwa nilai *Transmission Loss* tertinggi ada pada frekuensi 2500 Hz yaitu sebesar 56,29 dB yang menunjukkan bahwa komposit *silicone rubber* dengan persentase *filler* hanya 10% BaM lebih cenderung efektif pada frekuensi tinggi. Sedangkan untuk komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 1% dan 10% BaM menunjukkan bahwa nilai *Transmission Loss* tertinggi ada pada frekuensi 1000 Hz yaitu sebesar 63,13 dB yang juga merupakan nilai *Transmission Loss* tertinggi pada penelitian ini yang kemudian terjadi penurunan pada nilai *Transmission Loss* hingga frekuensi 2000 Hz dan kemudian nilai *Transmission Loss* kembali meningkat pada frekuensi 2500 Hz hingga 3150 Hz kemudian kembali terjadi penurunan pada frekuensi 4000 Hz. Hal itu menunjukkan bahwa komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 1% dan 10% BaM memiliki karakteristik cenderung lebih efektif pada frekuensi menengah dan tinggi karena memiliki nilai *Transmission Loss* tertinggi pada frekuensi 1000 Hz namun juga memiliki nilai *Transmission Loss* yang cukup tinggi pada frekuensi tinggi seperti 4000 Hz yaitu sebesar 46,53 dB.

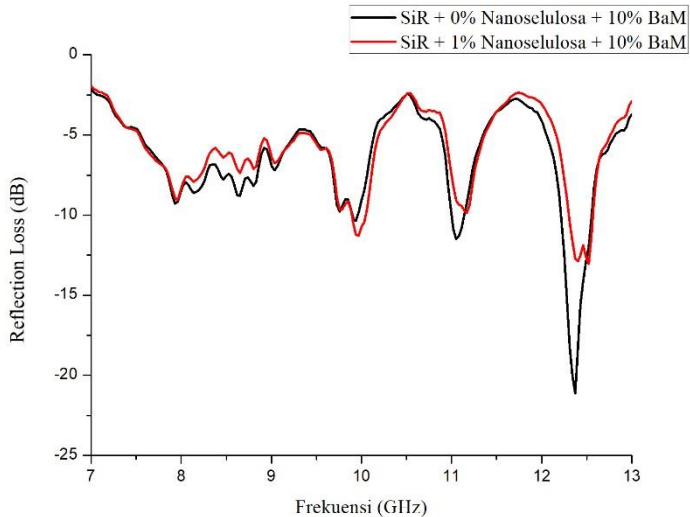
Pada komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 3% dan 10% BaM menunjukkan bahwa nilai *Transmission Loss* tertinggi ada pada frekuensi 4000 Hz yaitu sebesar 46,44 dB yang menunjukkan bahwa komposit *silicone rubber* dengan penambahan 3% nanoselulosa dan 10% BaM memiliki karakteristik lebih cenderung efektif pada frekuensi tinggi yaitu pada frekuensi 4000 Hz. Berdasarkan hasil pengujian STC dapat dilihat pada frekuensi tertinggi yaitu pada frekuensi 4000 Hz nilai *Transmission Loss* tertinggi pada penelitian ini terdapat pada komposit *silicone rubber* dengan persentase *filler* hanya 10% BaM yaitu sebesar 52,09 dB. Hal ini dikarenakan penyerapan suara pada frekuensi tinggi baik untuk material dengan kerapatan yang rendah (banyak pori) (Dhani dan Farid, 2017). Hal tersebut juga dibuktikan pada hasil SEM pada komposit *silicone rubber* dengan persentase *filler* hanya 10% BaM yang memiliki ukuran dan jumlah pori yang lebih besar dan lebih

banyak di morfologinya dibandingkan jumlah pori pada komposit *silicone rubber* dengan penambahan nanoselulosa 1% dan 3%.

Menurut ASTM E 413 nilai STC pada penelitian ini masuk ke kategori sangat bagus dengan suara lemah terdengar yang terdapat pada komposit *silicone rubber* dengan fraksi massa nanoselulosa 1% dan 10% BaM.

4.6 Hasil Pengujian VNA

Pengujian Vector Network Analyzer (VNA) ditujukan untuk mengukur nilai rugi refleksi material komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/ nanoselulosa. Alat yang digunakan adalah analyzer ADV ANTEST R3770 dengan rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz. Frekuensi X-Band merupakan frekuensi yang digunakan untuk radar kontrol senjata militer dan untuk aplikasi sipil (Skolnik, 1990). 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 yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji VNA

Pada Gambar 4.5 menunjukkan nilai rugi refleksi pada komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM memiliki nilai rugi refleksi terbesar pada frekuensi 12,3GHz yaitu sebesar -20,722 dB. Selain itu Gambar 4.5 juga menunjukkan nilai rugi refleksi pada komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM memiliki nilai rugi refleksi terbesar pada frekuensi 12,3GHz yaitu nilainya sebesar -13,055 dB. Dari hasil uji VNA pada Gambar 4.5 diatas dapat diamati bahwa nilai rugi refleksi terbesar terdapat pada komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM yaitu sebesar -20,722 dB. Kemudian pada komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM mengalami penurunan nilai rugi refleksi yang nilai rugi refleksi terbesarnya hanya -13,055 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai rugi refleksi mengalami penurunan dengan ditambahkan *filler* dari serat alam yaitu nanoselulosa sehingga kemampuan komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM dalam menyerap gelombang elektromagnetik daya serapnya tidak sebagus kemampuan

komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM dalam menyerap gelombang elektromagnetik. Nilai negatif pada *reflection loss* menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro, dimana semakin besar nilai negatif *reflection loss* maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Wijaya dan Pintowantoro, 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai STC tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber* +1% Nanoselulosa+10% BaM sebesar 41 dan memiliki *Transmission Loss* tertinggi sebesar 63,13 dB pada frekuensi 1000 Hz.
2. Nilai absorpsi gelombang elektromagnetik tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber*+0% Nanoselulosa +10% BaM sebesar -20,722 dB pada frekuensi 12,3 GHz.
3. Pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap morfologi komposit *silicone rubber* berpenguat nanoselulosa dan barium heksaferrit menyebabkan bentuk pori menjadi tidak teratur dan ukuran pori semakin kecil. Sedangkan morfologi komposit *silicone rubber* berpenguat nanoselulosa dan barium heksaferrit yang terbentuk berupa pori dan *filler* NaCl.

5.2 Saran

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material penyerap gelombang elektromagnetik dengan menggunakan serat alam lainnya yang bersifat material konduktor untuk lebih meningkatkan kemampuan absorpsi gelombang elektromagnetik .
2. Spesimen uji dibuat minimal dua buah untuk setiap pengujian agar mendapatkan tren perbandingan pada hasilnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
- Alldi, Nurisiantoro dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material*. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
- Ardhyananta, Hosta, Deni Budi Utomo. 2014. *Studi Pengaruh Katalis Curing Benzoil Peroksida terhadap Kekuatan Tarik dan Stabilitas Termal Karet Silikon*. Program Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 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.
- 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.
- Dian, Rachmadhani dan Moh. Farid. 2017. *Karakterisasi Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa*

-
- Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Barium Heksaferrit Untuk Aplikasi Penyerap Suara Dan Penyerap Radar.*** Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.
- Doelle, L. L., Lea Prasetyo.1993. ***Akustik Lingkungan.*** Erlangga: Jakarta.
- Elwindari.2012.***Kinetika Pertumbuhan Kristal dan Karakteristik Serapan Gelombang Mikro Material LSMO Disubstitusi Fe-Ti Melalui Proses Pemaduan Mekanik.*** Skripsi. Universitas Indonesia : Depok. Hal. 23- 25.
- 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, Ronald F. 1994. ***Principles Of Composite Material Mechanics.*** New York : Mc Graw Hill,Inc.
- Goyskor, J.& J.Eriksen. 1980. ***Cellulase.*** Hlm. 283-330. Di dalam A. H. Rose (penyunting). ***Microbial Enzymes and Biokonversion.*** Vol 5. Academic Press,New York.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., dan Rojas, O.J. 2010 ***Cellulose Nanocrystals:Chemistry,Self-Assembly, and Applications.*** Chemical Reviews. 110: 3479 – 3500.
- Halliday, David dan Robert Resnic.1992.***Fisika.*** Jakarta: Erlangga.
- Hasyim Asy'ari, 2008, “ ***The Effect Of Industrial Pollution To The Mechanical Performance Of Epoxy Resin Insulation Material Using Silicone Rubber And Rice Husk Ash As Filler***” Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi, Vol. 9, No. 1,2008 : 94-106. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Howard dan Angus, 2009. ***Acoustics and Pshycoacoustics 4th Edition.*** Burlington: Oxford.
- 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.
- Jones, M., R., 1975. *Mechanics Of Composite Material*. Mc Graw Hill.
- K. van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2001. *Natural Fibre Composites Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- Kanagesan S., Hashim M., Jesurani S., Kalaivani T., Ismail I., (2013), “*Influence of Zn Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite*”, Springer.
- Keller *et al.* 2007. *A Self-Healing Poly(dimethyl siloxane) Elastomer. Advanced Functional Materials*. 17: 2399–2404.Kogakusha, Ltd.
- 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.
- M. Farid, et.al., “*Improvement of Acoustical Characteristics: Wideband Bamboo Based Polymer Composite*”. J. Materials Science and Engineering. Vol. 223, (2017)011021.
- M. Farid et.al, “*Nanocellulose Based Polymer Composite for Acoustical Materials*”.AIP Conference Proceedings. Vol.1945, (2018) 020025.
- Mediastika, Christina. 2005. *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga: Yogyakarta.
- Mediastika, E Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Yogyakarta.
- Moulson, A. J and Herbert J. M. 1985. *Electroceramics: Material, Properties and Applications*.Chapman and Hall. London - New York.
- MRTFC,Warnock A.C.C.2018. *Understanding and Improving Sound Transmission Loss*. Forest and Wood Products Research and Development Corporation,Australia
-

-
- Nuraini U., (2015), “*Pelapisan Multilayer dengan Menggunakan Polianilin dan Hematit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*”, Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Nurindahsari, Mimi, Farid Moh., Susanti, Diah. 2019. *Karakterisasi Sifat Akustik, Fisik Dan Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Nanoselulosa Dan Serbuk Bambu Betung Untuk Aplikasi Pada Dashboard*. Surabaya : ITS Surabaya
- Pickering K. L., Beckermann G.W. dan Alam S.N., 2007, *Properties and Performance of Natural-Fibre Composites*, Wood-head Publishing, Cambridge
- Pradana, Aditya dan Moh. Farid. 2017. *Analisa Koefisien Serap Suara Dan Penyerapan Gelombang Mikro Komposit Silicone Rubber Berpenguat Barium Heksaferrit Dopping Zn Dan Serat Mikro Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya
- Priyono dan Ahyani, Musni (2010) *Pengembangan Material Ferromagnetik Berbasis Ferrite (BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTixO₁₉ Berstruktur Nanokristal dengan Metode sol-gel Untuk Aplikasi Material Absorber Anti Radar Untuk Furret dan Platform Kendaraan Tempur*. In: Laporan Akhir Program Riset Terapan Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementerian Pertahanan RI.
- Rezende, M.C., Silva, F.S. and Martin, I.M., 2000, “*Materiais absorvedores de radiação eletromagnética*”, Spectrum, Vol. 2, pp. 17-20.
- Rosamah, Enih. 2016. *Properties Enhancement Using Oil Palm Shell Nanoparticles Polyester Composite*. Advance Composite Materials
- Ruijgrok, G.J.J. 1993. *Elemen of Aviation Acoustics*. Delft University Press.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*, Mc Graw Hill. Singapore.
-

-
- Sears & Zemansky, 2004, *University Physics, 10th ed.* Addison-Wesley Publishing Company. Massachusetts.
- Simbolon, Silviana, 2013. *Pengaruh Komposisi Doping Ion Mn Pada Pembuatan Magnet Barium Heksaferrit (BaFe₁₂XMn_xO₁₉) Sebagai Penyerap Gelombang Mikro.* [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara. Program Sarjana S-1. Jurusan FMIPA Fisika.
- Sinaga, D. 2013. *Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi dari Limbah Batang Kelapa Sawit.* Pekanbaru: Universitas Riau.
- Skolnik M.I., (1981), “*Introduction to Radar Systems*”: *Second Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit.* Surabaya : ITS Press.
- Sulistyo. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Solgel Untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro Pada Frekuensi X-Band.* Jurnal Berkala Fisika Volume 15 Issue 2 Hal 63-68.Surakarta.
- 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.
- Sumoro H. 2007. *Sound Transmission Class and Transmission Loss.* <www.Hadisumoro.com>. Diakses Pada Tanggal 27 Juni 2019.
- Susilawati. 2015. “ *Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Barium M-Heksaferrit Didoping Zn Menggunakan Fourier Transform Infra Red* ”. Jurnal Pijar MIPA, Vol. X No.1. Program Studi Magister Pendidikan IPA Program Pascasarjana Universitas Mataram.
- Trisyatiti, Liska. 2018. “ *Isolasi Nanokristal Selulosa Dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA)* ”. Indonesian Journals
-

-
- Of Material Chemistry, Vol. 1, No. 1. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Tubitak. 2011. **A simple synthesis route for high quality BaFe₁₂O₁₉ magnets**, Materials Science and Engineering.176: 1531– 1536.
- Van de Velde, K., Kiekens, P., 2001, “*Thermoplastic Pultrusion Of Natural Fibre Composites*”, Composite Structures Vol 54 2-3,Ghent University,Zwijnaarde,Belgium.
- Wijaya, Putu dan Sungging Pintowantoro. 2012. *Sifat Dielektrik Pada Proses Reduksi Pasir Besi Akibat Gelombang Mikro* . Tugas Akhir Departemen Teknik Material ITS Surabaya.

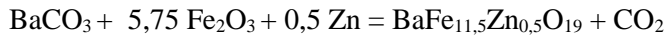
LAMPIRAN
PERHITUNGAN MASSA BARIUM HEKSAFERRIT

Ar. Ba = 137,34

Ar. Fe = 55,84

Ar. O = 15,98

a. BAM Dopping



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 &= (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882 \\ &= 9,916 \text{ gram} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Zn} &= (0,5 \times 0,0108) \times 65,38 \\ &= 0,353 \text{ gram} \end{aligned}$$

LAMPIRAN
PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN

A. Massa Spesimen Absorpsi Suara

Massa Total = 200 gram

- SiR + 0% Nanoselulosa + 10% BaM

Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-20)$	= 27,69 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-20)$	= 41,54 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-20)$	= 110,77 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram
- SiR + 1% Nanoselulosa + 10% BaM

Massa Nano	= $(0,01 \times 78,5 \times 1,6)$	= 1,256 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-22)$	= 27,38 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-22)$	= 41,08 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-22)$	= 109,54 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram
- SiR + 3% Nanoselulosa + 10% BaM

Massa Nano	= $(0,03 \times 78,5 \times 1,6)$	= 3,768 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-26)$	= 26,77 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-26)$	= 40,15 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-20-6-20)$	= 107,08 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram


LAMPIRAN
PERHITUNGAN DENSITAS KOMPOSIT

Spesimen	0%	1%	3%
massa di udara (g)	3,9240	2,8362	2,7390
	2,6708	3,3518	3,2409
	4,1887	2,7825	2,8705
massa di air (g)	2,5378	2,0019	1,7545
	1,9164	2,1908	2,2455
	2,7607	1,7750	1,8688
specific gravity	0,997	0,997	0,997
Densitas (g/cm₃)	1,5415	1,4125	1,5564
	1,3894	1,5253	1,4389
	1,5127	1,5629	1,5314
densitas rata-rata (g/cm₃)	1,4859	1,4994	1,5089

LAMPIRAN

HASIL PENGUJIAN *SOUND TRANSMISSION CLASS*

A. SiR+0%Nanoselulosa+10%BaM



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA
Gedung F-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60115
Telp. (031) 5947188, 5994254 Fax. 03-5923626 FABX : 1261
<http://www.vibrastic-tp-fti.ac.id>
email : akoastische@gmail.com

Surabaya, 30 MEI 2019

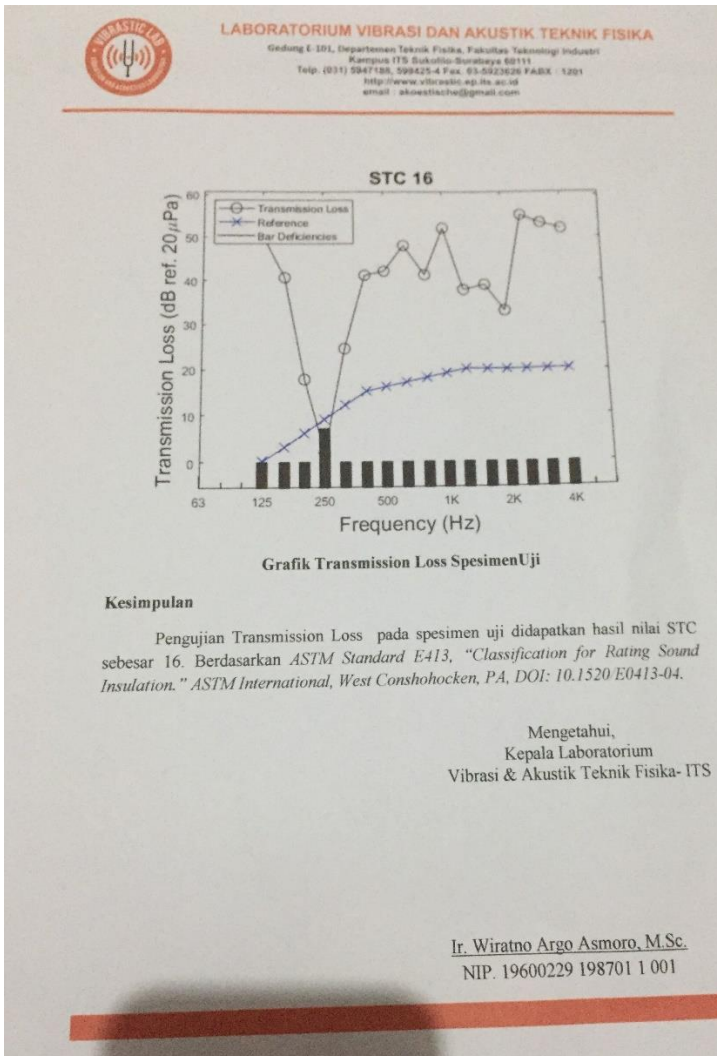
No : 307/PRO/VIBRASTIK/V/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN


Dari pengukuran Transmission Loss pada spesimen uji 1 dengan sampel VARIASI 1 KOMPOSISI 0% NANOSELULOSA dan 10% BAM dari Tn Made ,Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin Kamis, 30 MEI 2019 pukul 01.30 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	50.13
160	40.64
200	17.75
250	1.98
315	24.57
400	41.17
500	42.10
630	48.05
800	41.28
1000	52.17
1250	37.90
1600	39.12
2000	33.20
2500	55.29
3150	53.44
4000	52.09



B. SiR+1%Nanoselulosa+10%BaM



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA
Gedung E-103, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1281
<http://www.vibrastic.ap.its.ac.id>
email : akoeastache@gmail.com

Surabaya, 30 MEI 2019

No : 308/PRO/VIBRASTIK/V/2019

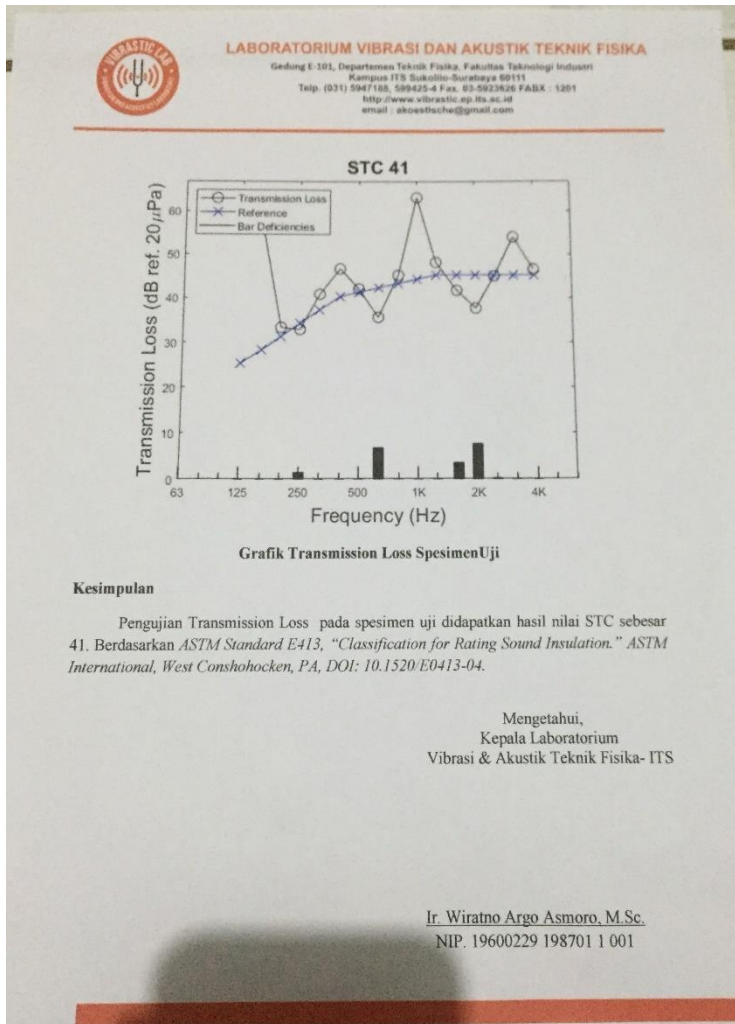
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN


Dari pengukuran Transmission Loss pada spesimen uji 1 dengan sampel VARIASI II KOMPOSISI 1% NANOSSELULOSA dan 10% BAM dari Tn.Made ,Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin Kamis, 30 MEI 2019 pukul 01.30 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	61.23
160	56.01
200	33.27
250	32.82
315	40.79
400	46.58
500	41.99
630	35.52
800	45.09
1000	63.13
1250	48.06
1600	41.68
2000	37.66
2500	45.02
3150	53.92
4000	46.53



C. SiR+3%Nanoselulosa+10%BaM



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA
Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukohilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947185, 598425-4 Fax. 03-5923626 FAXB : 1201
<http://www.vibrastik-fti.its.ac.id>
email : akoesstische@gmail.com

Surabaya, 30 MEI 2019

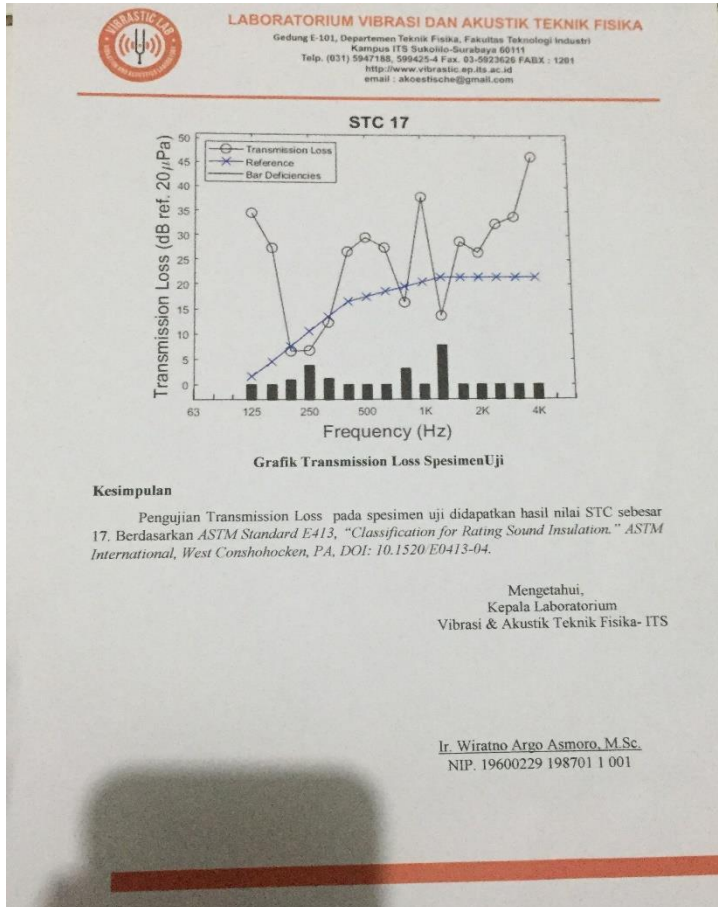
No : 309/PRO/VIBRASTIK/V/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada spesimen uji 1 dengan sampel VARIASI III KOMPOSISI 3% NANOSLULOSA dan 10% BAM dari Tn.Made ,Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin Kamis, 30 MEI 2019 pukul 01.30 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	34.54
160	27.36
200	6.60
250	6.75
315	12.33
400	26.71
500	29.59
630	27.53
800	16.38
1000	37.98
1250	13.73
1600	28.81
2000	26.55
2500	32.43
3150	33.88
4000	46.44

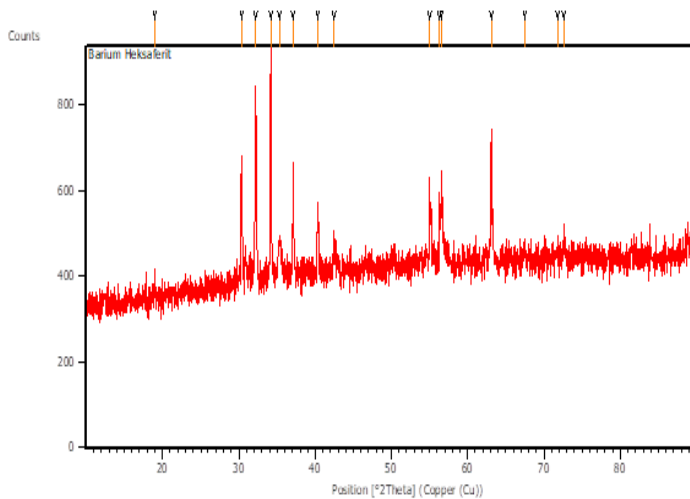


LAMPIRAN D HASIL XRD

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

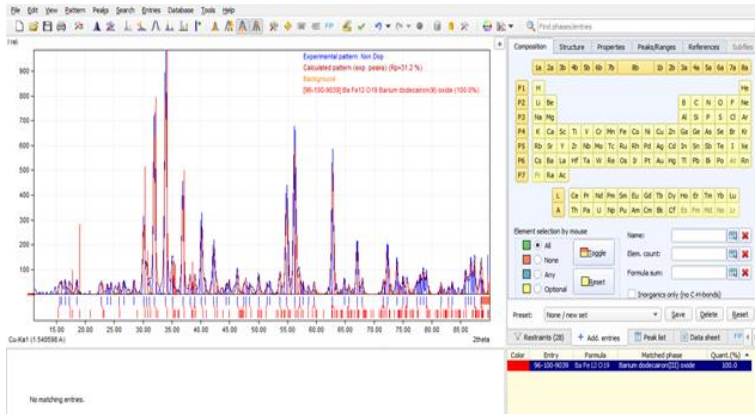
Material	Height (cts)	Position [2 θ]	FWHM Left [2 θ]	d (nm)
BaM doping Zn (BaZn _x Fe _{12-x} O ₁₉)	544.83	34.1375	0.0502	69,363

Barium M-Heksaferrit Dopping Zn



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	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



Entry # 96-100-9039

Phase classification

Name	Barium dodecairon(III) oxide
Formula	BaFe ₁₂ O ₁₉
I/Ic	5.010000
Sample	1009038
Name	
Quality	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 de baryum, Ba O, (Fe₂ O₃)₆", Com Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences(1884 - 1965) **246**, 2594-2597 (1958)

Origin of data

[COD \(Crystallography Open Database\)](#)

Source of entry

1002038

Link to orig. entry

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	0.000	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	63.9	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

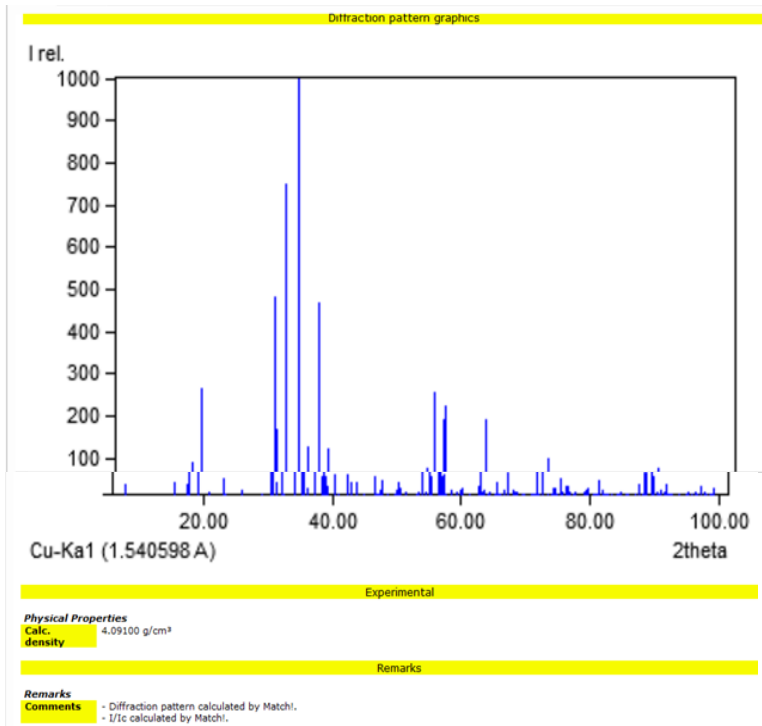
54.47	4.9	0	1	13	12
54.51	6.7	3	0	2	12
55.08	254.1	1	2	7	24
55.28	0.3	3	0	3	12
55.45	44.2	0	0	14	2
56.36	189.3	0	3	4	12
56.61	223.5	0	2	11	12
56.97	44.6	1	1	12	12
57.36	46.8	1	2	8	24
57.71	0.0	0	3	5	12
58.56	13.5	0	1	14	12
59.34	8.4	0	3	6	12
59.88	11.7	1	2	9	24
60.03	17.6	0	2	12	12
61.24	0.2	0	3	7	12
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
82.48	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	3	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	0	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: DRX User: Teknik Material

Name and formula

Reference code: 01-082-1049
Compound name: Zinc Iron Oxide
Common name: zinc diiron(II) oxide
Empirical formula: $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Zn}$
Chemical formula: ZnFe_2O_4

Crystallographic parameters

Crystal system: Cubic
Space group: $\text{Fd}\bar{3}m$
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} nm^3): 691.40
Z: 8.00
RIR: 5.58

Status, subfiles and quality

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

Comments

AND: AB204

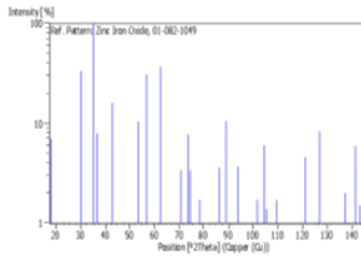
1 of 3

LAMPIRAN

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

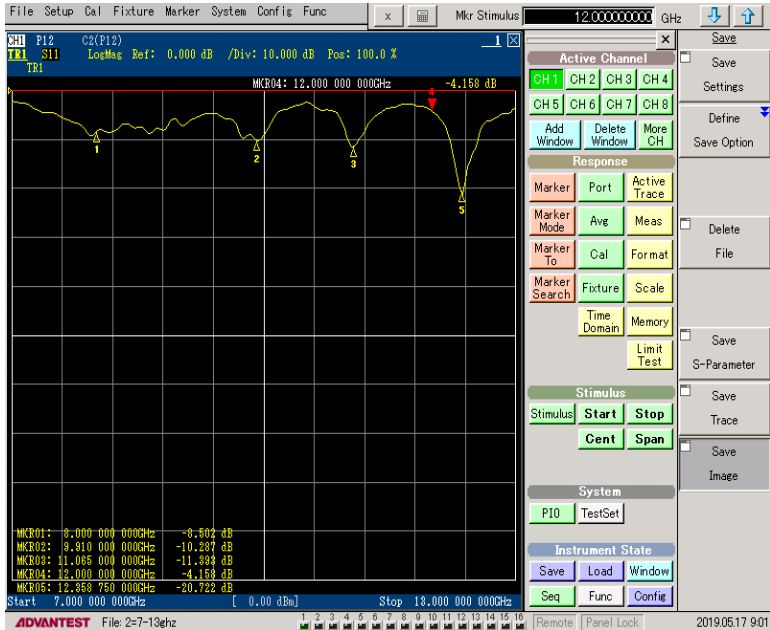
26	9	1	1	0.92650	132.487	0.2
27	8	4	2	0.92100	133.518	0.1
28	6	4	4	0.89960	137.758	0.7
29	9	3	1	0.88480	121.055	4.6
30	8	4	4	0.86150	124.796	8.2
31	9	3	3	0.84930	130.475	0.2
32	8	6	2	0.82790	137.073	2.0
33	9	5	1	0.81600	141.467	5.9
34	10	2	2	0.81220	143.032	1.5

Stick Pattern

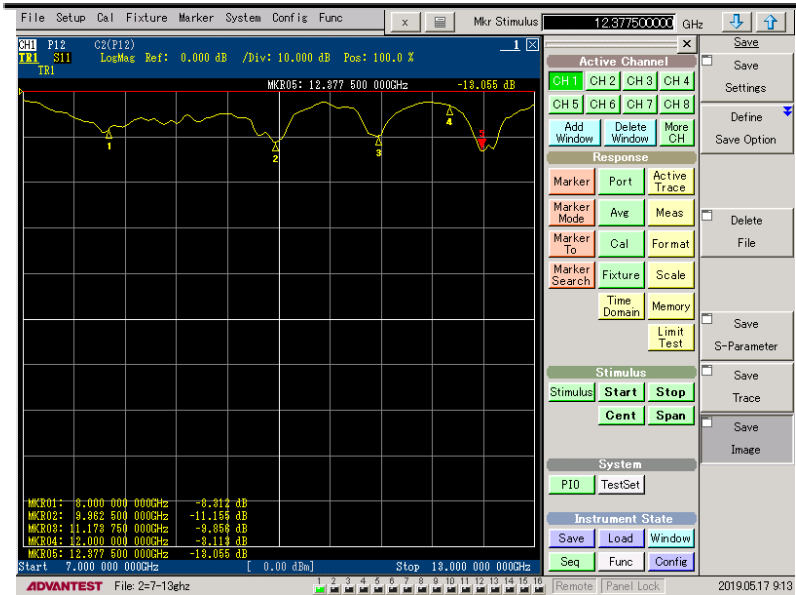


3 OF 3

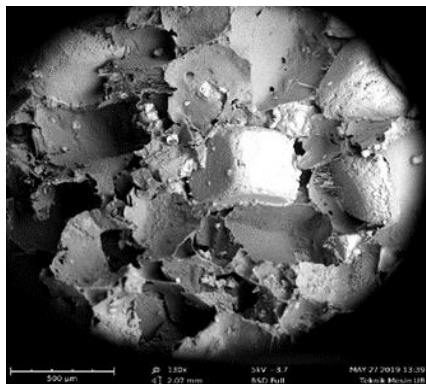
LAMPIRAN HASIL UJI VNA



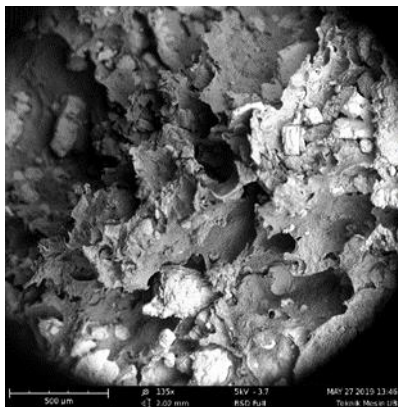
Komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM



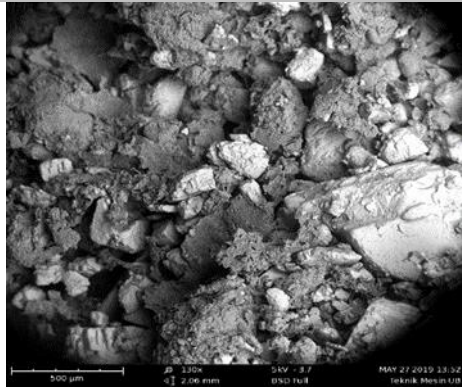
Komposit SiR+1%Nanoselulosa+10% BaM

LAMPIRAN
HASIL UJI SEM

Komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM



Komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM



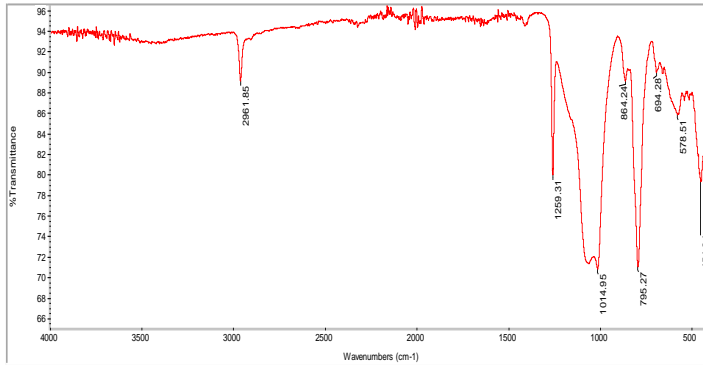
Komposit SiR+3%Nanoselulosa+10%BaM

LAMPIRAN

HASIL UJI FTIR

Title: VARIASI 0%NANO+10%BAM

Wed May 29 14:51:22 2019 (GMT+07:00)



Collection time: Wed May 29 07:40:11 2019 (GMT+07:00)

Spectrum: VARIASI 0%NANO+10%BAM

Wed May 29 14:51:11 2019 (GMT+07:00)

Region: 3405.26-455.13

FIND PEAKS:

Spectrum: VARIASI 0%NANO+10%BAM

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 92.416

Sensitivity: 50

Peak list:

Position:	Intensity:	82.914
401.30	82.914	
410.86	82.711	
420.75	82.684	
454.94	79.243	
576.51	85.767	
684.28	89.873	
795.27	70.921	
864.24	89.062	
1014.95	70.887	
1259.31	73.905	
2961.85	89.070	

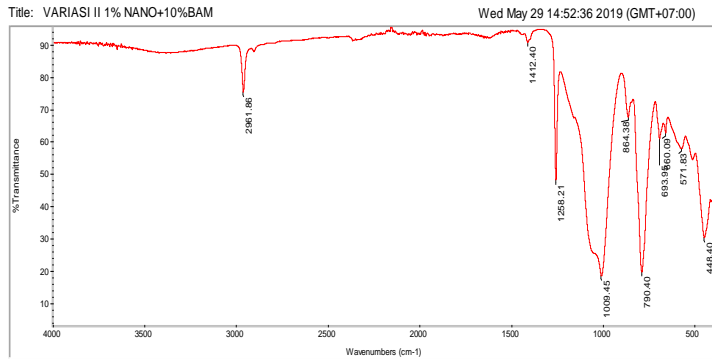
Search type:

Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
17853	83.08	Poly(dimethylsiloxane), secondary standard	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17854	82.70	Poly(dimethylsiloxane), secondary standard molecular weight series	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17856	81.35	Poly(dimethylsiloxane), 200 fluid, viscously 50,000 centistokes	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
93	79.61	SILICONE OIL, FOR MP & BP APPARATUS	Aldrich Condensed Phase Sample Library
17857	79.56	Poly(dimethylsiloxane), bis(12-hydroxyoctyl) terminated	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1038	78.87	Silopren E 3078	HR Hummel Polymer and Additives
17004	78.86	Silicone oil, for melting point and boiling point apparatus	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
707	78.84	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	HR Nicolet Sampler Library
1036	78.33	Silopren E 3096 filler	HR Hummel Polymer and Additives
196	77.60	Poly(dimethylsiloxane)*	HR Hummel Polymer and Additives

Komposit SiR+0% Nanoselulosa+10% BaM



Collection time: Wed May 29 07:38:54 2019 (GMT+07:00) Spectrum: VARIASI II 1% NANO+10%BAM
 Region: 3495.26-455.13
 Wed May 29 14:52:26 2019 (GMT+07:00) Search type: Correlation
 HR List:

Index	Match	Compound name	Library
17853	65.15	Poly(dimethylsiloxane), secondary standard	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17856	63.39	Poly(dimethylsiloxane), 200 fluid, viscosity 60,000 centistokes	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17854	62.94	Poly(dimethylsiloxane), secondary standard molecular weight series	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17094	62.85	Silicone oil, for melting point & boiling point apparatus	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17096	59.41	Poly(dimethylsiloxane), vinyl terminated	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
93	59.06	SILICONE OIL, FOR MP & BP APPARATUS	Aldrich Condensed Phase Sample Library
196	58.43	Poly(dimethylsiloxane)+	HR Hummel Polymer and Additives
17857	57.71	Poly(dimethylsiloxane), bis(12-hydroxyoctyl) terminated	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
707	57.02	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	HR Nicolet Sampler Library
1038	55.62	Silopren E 3078	HR Hummel Polymer and Additives

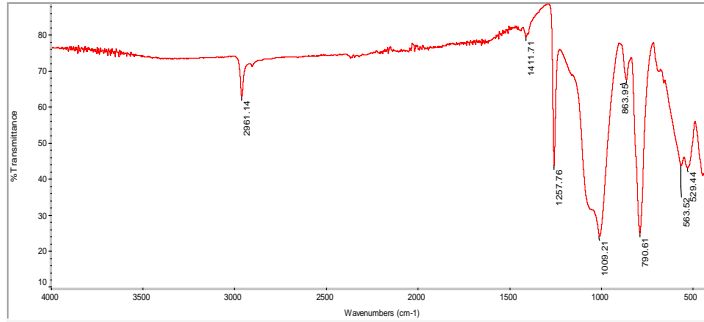
Spectrum: VARIASI II 1% NANO+10%BAM
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 93.601
 Sensitivity: 50
 Peak list:

Position	Intensity	30.016
448.40	Intensity:	30.016
571.83	Intensity:	57.671
660.09	Intensity:	62.399
693.95	Intensity:	60.611
790.40	Intensity:	19.487
864.38	Intensity:	67.485
1009.45	Intensity:	18.254
1258.21	Intensity:	48.002
1412.40	Intensity:	90.674
2961.86	Intensity:	75.136

Komposit SiR+1% Nanoselulosa+10% BaM

Title: VARIASI III 3%NANO+10BAM

Wed May 29 14:53:49 2019 (GMT+07:00)



Collection time: Wed May 29 07:43:03 2019 (GMT+07:00)

Wed May 29 14:53:39 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: VARIASI III 3%NANO+10BAM

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 81.270

Sensitivity: 50

Peak list:

Position:	Intensity:	42.849
529.44	42.849	
563.52	43.501	
790.61	24.546	
863.95	67.325	
1009.21	23.801	
1257.76	43.556	
1411.71	79.373	
2961.14	62.653	

Spectrum: VARIASI III 3%NANO+10BAM

Region: 3495.26-455.13

Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
17853	68.29	Poly(dimethylsiloxane), secondary standa	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17856	66.63	Poly(dimethylsiloxane), 200 fluid, visco	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17854	66.45	Poly(dimethylsiloxane), secondary standa	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17094	66.36	sil molecular weight series	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17096	63.73	Silicone oil, for melting point & boilin	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
93	62.95	g point apparatus	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17857	60.97	Poly(dimethylsiloxane), vinyl terminated	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
196	60.51	SILICONE OIL, FOR MP & BP APPARATUS	Aldrich Condensed Phase Sample Library
707	59.65	Poly(dimethylsiloxane), bis(12-hydroxyst	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1038	58.73	caradi) terminated	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		Poly(dimethylsiloxane)+	HR Hummel Polymer and Additives
		POLY(DIMETHYLSILOXANE)	HR Nicolet Sampler Library
		Silopren E 3078	HR Hummel Polymer and Additives

Komposit SiR+3% Nanoselulosa+10% BaM

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 Ula Charir Anjani 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 squad 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 telah membantu dan selalu mensupport selama saya mengerjakan tugas akhir saya selama 1 semester khususnya kepada Erwin, Audi, Wais, Cak Yobi, Cak 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 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. Fidela Atika Marendha sahabat sejati penulis yang juga sedang menjadi pejuang Tugas Akhir di Teknik Mesin FTI-ITS yang selalu memotivasi, mensupport, memberikan energi positif, dan memberikan banyak bantuan selama di

-
- kehidupan perkuliahan serta dalam setiap langkah proses Tugas Akhir ini disaat susah maupun senang.
9. Dulur-dulur Smada 61 Cici,Damek,Yutup,Alpin ,Titto,Bagio,Lalak 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.
 10. Dulur-dulur Wo Team khususnya Noval,Jarwo,Imam ,Wahyu,Distra,Valdy,Galer yang selalu memberikan dukungan dan saling support.
 11. Para saudara sepupu-sepupu khususnya Putri Leira yang selalu memberi motivasi dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
 12. HMMT FTI-ITS yang telah menjadi tempat yang banyak memberikan pembelajaran pada penulis selama perkuliahan ini.
 13. Serta seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi dalam Tugas Akhir ini dan belum bisa dituliskan satu persatu oleh penulis.



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Cilacap, 1 September 1997, merupakan anak kedua. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Patra Mandiri Cilacap, kemudian SMP Negeri 1 Cilacap dan SMA Negeri 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2015 terdaftar dengan NRP 0251154000121. Di Teknik Material penulis memilih bidang Material Inovatif. Penulis sejak kuliah aktif mengikuti organisasi di BSO MTC HMMT FTI-ITS sebagai Staff pada kepengurusan tahun 2016/2017 dan di Departemen MEDFO HMMT FTI-ITS sebagai Staff Ahli pada kepengurusan tahun 2017/2018. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan seperti LKMM Pra TD FTI ITS, PJTD HMMT FTI ITS, dan PKTI HMMT FTI ITS,. Penulis dapat dihubungi di 081252426221 atau email ke satyawanimadearyama@gmail.com.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)