



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 184834

PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI SERAT TERHADAP NILAI SOUND TRANSMISSION CLASS KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT RAMI UNTUK APLIKASI MATERIAL AKUSTIK

MUSTHOFA
NRP. 0251154000062

Dosen Pembimbing
Ir. Moh Farid, DEA
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D

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



TUGAS AKHIR - TL 184834

**PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI SERAT
TERHADAP NILAI SOUND TRANSMISSION
CLASS KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT
SERAT RAMI UNTUK APLIKASI MATERIAL
AKUSTIK**

MUSTHOFA
NRP. 0251154000062

Dosen Pembimbing
Ir. Moh Farid, DEA
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D

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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 184834

**EFFECT OF SIZE AND FIBER COMPOSITION
ON SOUND TRANSMISSION CLASS VALUE
COMPOSITES OF POLYESTER RAMIE FIBER
FOR ACOUSTIC MATERIALS APPLICATION**

**MUSTHOFA
NRP. 0251154000062**

**Supervisor
Ir. Moh Farid, DEA
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D**

**Material Engineering Department
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

(This page left intentionally blank)

**PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI SERAT
TERHADAP NILAI SOUND TRANSMISSION CLASS
KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT RAMI
UNTUK APLIKASI MATERIAL KOMPOSIT**

TUGAS AKHIR

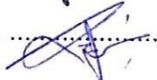
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUSTHOFA

NRP. 02511540000062

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Moh Farid, DEA. .....(Pembimbing I)
2. Diah Susanti, ST., MT., PhD. .....(Pembimbing II)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI SERAT
TERHADAP NILAI *SOUND TRANSMISSION CLASS*
KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT RAMI
UNTUK APLIKASI MATERIAL AKUSTIK**

Nama Mahasiswa : Musthofa
NRP : 0251154000062
Jurusan : Departemen Teknik Material
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Diah Susanti, ST., MT., PhD

Abstrak

Kebisingan merupakan bentuk polusi yang dapat mengganggu kenyamanan. Saat ini telah berkembang suatu material absorpsi suara yang berasal dari komposit serat alam dan salah satunya serat rami. Disamping harganya yang murah, juga mempunyai sifat mekanik, fisik yang tinggi. Penelitian-penelitian sebelumnya disebutkan bahwa daya serap serat rami mencapai 0,993 berarti 99% suara dapat diserap pada frekuensi 1125 Hz. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh ukuran dan komposisi serat terhadap nilai sound transmission class komposit poliester berpenguat serat rami untuk aplikasi material akustik dengan metode tabung impedansi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nilai STC 48 didapatkan pada ukuran serat 280-450 μ m di komposisi 20% serat dan nilai STC30 pada ukuran serat 280 μ m di komposisi 25% serat. Nilai Transmission Loss tertinggi pada frekuensi 1000 Hz. Pada pengujian mekanik dilakukan uji impact dengan hasil pada komposisi 20% nilai maksimum impact sebesar 7,006 kJ/m² pada ukuran 280-450 μ m dan komposisi 25% serat nilai impact maksimum 5,804 kJ/m² pada ukuran serat 280 μ m. Nilai absorpsi air tertinggi 20% serat di ukuran 450-900 μ m 7,07 % dan komposisi 25% serat di ukuran 280 μ m 9,169 %.

Kata kunci : *Material Akustik, Sound Transmission Class, Serat Rami, Ukuran Serat*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

EFFECT OF SIZE AND FIBER COMPOSITION ON SOUND TRANSMISSION CLASS VALUE COMPOSITES OF POLYESTER RAMI FIBER FOR ACOUSTIC MATERIALS APPLICATION

Name : Musthofa
NRP : 02511540 000 062
Department : Materials Engineering
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
: Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D

Abstract

Noise is a pollution that can disrupt comfort. At present a sound absorption material was developed from natural fiber composites and one of them is ramie fiber. Because it was cheap, it also has high mechanical and physical properties. Previous studies have stated that absorption of ramie fiber reached 0.993, it means that 99% of the sound can be absorbed at a frequency of 1225 Hz. The purpose of this study was to analyzed the effect of fiber size and composition on the value of sound transmission class with ramie fiber reinforced polyester composites for acoustic materials application by the impedance tube method. Based on the research that has been done the STC value of 48 was obtained at the fiber size of 280-450 μ m in the composition of 20% fiber and the STC30 value at the size 280 μ m fiber in the composition of 25% fiber. The highest Transmission Loss value at a frequency of 1000 Hz. In mechanical testing, the impact test was carried out with the composition of 20% the maximum impact value of 7.006 kJ / m² at sizes 280-450 μ m and the composition of 25% fiber the impact value was 5.804 kJ / m² at the size of 280 μ m fiber. The highest water absorption value of 20% fiber in the size of 450-900 μ m was

7.07% and the composition of 25% fiber was 9,169% in the size of 280 μm .

Keywords: Acoustic Material, Fiber Size, Ramie Fiber, Sound Transmission Class

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat hidayah dan inayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI SERAT TERHADAP NILAI SOUND TRANSMISSION CLASS KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT UNTUK APLIKASI MATERIAL AKUSTIK”**, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
2. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
3. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini
4. Ibu Diah Susanti, ST., MT., PhD, selaku dosen Pembimbing ke dua saya
5. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyanta, ST., M.Sc. selaku dosen wali saya yang membimbing dan mengarahkan selama berkuliah di Teknik Material ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

Penyusun menyadari adanya keterbatasan di dalam penyusunan laporan ini. Besar harapan penyusun akan saran, dan kritik yang sifatnya membangun. Selanjutnya semoga tulisan ini dapat selalu bermanfaat. Amin.

Surabaya, Juli 2019

Penyusun

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | v |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | ix |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Komposit..... | 5 |
| 2.2 Serat | 12 |
| 2.2.1 Serat Alam..... | 13 |
| 2.2.2 Serat Rami | 15 |
| 2.3 Matriks | 17 |
| 2.4 Poliester Tak Jenuh | 18 |
| 2.5 Gelombang dan Bunyi..... | 20 |
| 2.5.1 Gelombang | 20 |
| 2.5.2 Bunyi | 23 |
| 2.5.3 Kebisingan..... | 25 |
| 2.6 <i>Sound Transmission Loss</i> | 27 |
| 2.7 <i>Sound Transmission Class</i> | 30 |
| 2.8 Metode Pengukuran <i>Sound Transmission Class</i> | 32 |
| 2.9 Material Akustik | 33 |
| 2.10 Hukum Pencampuran | 37 |
| 2.11 Aplikasi Komposit | 38 |
| 2.12 <i>Dashboard</i> | 39 |
| 2.13 Penelitian Terdahulu | 40 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Diagram Alir | 45 |
| 3.1.1 | Diagram Alir Penelitian | 45 |
| 3.1.2 | Diagram Alir Pembuatan Komposit..... | 46 |
| 3.1.3 | Diagram Alir Proses Alkalisasi..... | 47 |
| 3.2 | Bahan dan Peralatan Penelitian | 48 |
| 3.2.1 | Bahan Penelitian | 48 |
| 3.2.2 | Peralatan Penelitian | 48 |
| 3.3 | Variabel Penelitian | 51 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian | 52 |
| 3.4.1 | Persiapan Bahan | 52 |
| 3.4.2 | Preparasi Serat Rami (Delignifikasi) | 53 |
| 3.4.3 | Preparasi Matriks Poliester | 54 |
| 3.4.4 | Pembuatan Komposit..... | 54 |
| 3.5 | Pengujian | 55 |
| 3.5.1 | <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> | 55 |
| 3.5.2 | <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> | 57 |
| 3.5.3 | Pengujian Densitas | 58 |
| 3.5.4 | Pengujian Sound Transmission Class | 59 |
| 3.5.5 | Pengujian <i>Water Absorption</i> | 61 |
| 3.5.6 | Pengujian Impact | 62 |

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Pengujian <i>Sound Transmission Loss</i> | 65 |
| 4.2 | Pengujian SEM..... | 71 |
| 4.2.1 | Hasil Uji SEM serat rami..... | 71 |
| 4.2.2 | Hasil Uji SEM Komposit..... | 74 |
| 4.3 | Pengujian FTIR | 75 |
| 4.3.1 | Hasil Uji FTIR Serat Rami,UPR dan Komposit..... | 76 |
| 4.3.2 | Hasil Uji FTIR Serat Rami | 78 |
| 4.3.3 | Hasil Uji FTIR Komposit | 80 |
| 4.4 | Pengujian Densitas | 83 |
| 4.5 | Pengujian Impact | 86 |
| 4.6 | Pengujian <i>water absorption</i> | 89 |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 93 |
| 5.2 Saran | 94 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |
| LAMPIRAN..... | 105 |
| UCAPAN TERIMAKASIH..... | 139 |
| BIODATA..... | 141 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Skema Pembentukan Komposit | 6 |
| Gambar 2.2 | Klasifikasi Material Komposit..... | 8 |
| Gambar 2.3 | Tipe <i>Discontinuous Fiber</i> | 9 |
| Gambar 2.4 | Tipe Komposit Serat..... | 10 |
| Gambar 2.5 | Komposit Partikel..... | 11 |
| Gambar 2.6 | Tanaman Rami | 16 |
| Gambar 2.7 | Reaksi Pembentukan Poliester Tak Jenuh..... | 19 |
| Gambar 2.8 | Gelombang Transversal..... | 21 |
| Gambar 2.9 | Gelombang Longitudinal..... | 23 |
| Gambar 2.10 | Mekanisme Terdengarnya Bunyi | 24 |
| Gambar 2.11 | Tingkat Tekanan Bunyi Berdasarkan Frekuensi | 26 |
| Gambar 2.12 | Ilustrasi <i>Sound Transmission Loss</i> | 30 |
| Gambar 2.13 | Proses Terjadinya <i>Sound Transmission Loss</i> pada Material Akustik | 32 |
| Gambar 2.14 | Tabung Impedansi Untuk Pengukuran <i>Sound</i> <i>Transmission Loss</i> | 33 |
| Gambar 2.15 | Kurva Absorpsi Penyerap Berpori | 34 |
| Gambar 2.16 | Kurva Absorpsi Penyerap Resonansi | 35 |
| Gambar 2.17 | Kurva Absorpsi Penyerap Helmholtz | 36 |
| Gambar 2.18 | Kurva Absorpsi Penyerap <i>Wideband</i> | 37 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian..... | 45 |
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Pembuatan Komposit..... | 46 |
| Gambar 3.3 | Diagram Alir Proses Alkalisasi..... | 47 |
| Gambar 3.4 | Cetakan Spesimen | 49 |
| Gambar 3.5 | Timbangan Digital..... | 49 |
| Gambar 3.6 | Mesin SEM..... | 49 |
| Gambar 3.7 | Mesin Uji FTIR | 50 |
| Gambar 3.8 | Alat Uji <i>Sound Transmission Class</i> | 50 |
| Gambar 3.9 | Alat Uji <i>Impact</i> | 49 |
| Gambar 3.10 | Alat <i>Sieving</i> | 51 |
| Gambar 3.11 | Pemotongan Serat..... | 53 |
| Gambar 3.12 | Hasil <i>Sieving</i> | 53 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 3.13 | Perendaman Serat dengan Larutan NaOH | 53 |
| Gambar 3.14 | Pengeringan Serat Menggunakan Oven. | 54 |
| Gambar 3.15 | Spesimen Uji | 55 |
| Gambar 3.16 | Mekanisme Alat Kerja SEM..... | 57 |
| Gambar 3.17 | Alat Uji FTIR | 57 |
| Gambar 3.18 | Proses Pengujian Densitas | 59 |
| Gambar 3.19 | Dimensi Spesimen Uji STC..... | 59 |
| Gambar 3.20 | Rangkaian Alat Uji STC..... | 60 |
| Gambar 3.21 | Prinsip Uji <i>Impact</i> | 58 |
| Gambar 3.22 | Spesimen Uji <i>Impact</i> | 62 |
| Gambar 4.1 | Grafik Pengaruh Variasi Serat pada Komposisi 20% Serat Terhadap Nilai STL..... | 66 |
| Gambar 4.2 | Grafik Pengaruh Variasi Serat pada Komposisi 25% Serat Terhadap Nilai STL..... | 67 |
| Gambar 4.3 | Hasil Pengujian SEM Serat Rami Sebelum Alkalisasi Perbesaran 250x..... | 71 |
| Gambar 4.4 | Hasil Pengujian SEM Serat Rami Setelah Alkalisasi Perbesaran 250x..... | 72 |
| Gambar 4.5 | Hasil Pegujian SEM Komposit 20% Serat..... | 74 |
| Gambar 4.6 | Hasil Pegujian SEM Komposit 25% Serat..... | 75 |
| Gambar 4.7 | Hasil FTIR Serat, UPR dan Komposit..... | 76 |
| Gambar 4.8 | Hasil FTIR Serat Rami Sebelum dan Sesudah Alkalisasi | 78 |
| Gambar 4.9 | Hasil FTIR Komposit | 81 |
| Gambar 4.10 | Grafik Pengaruh Variasi Serat Terhadap Nilai Densitas Komposit..... | 84 |
| Gambar 4.11 | Grafik Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Serat Terhadap Nilai Impak | 87 |
| Gambar 4.12 | Pengaruh Variasi Serat Terhadap <i>Water Absorption</i> | 90 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Keuntungan dan Kerugian Komposit..... | 7 |
| Tabel 2.2 | Karakteristik Serat Alam | 15 |
| Tabel 2.3 | Sifat Fisik dan Kimia Serat Rami | 17 |
| Tabel 2.4 | Nilai Sifat Mekanik <i>Unsaturated Polyester</i> | 20 |
| Tabel 2.5 | Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi | 22 |
| Tabel 2.6 | Daftar Skala Intensitas Bunyi | 27 |
| Tabel 2.7 | Persepsi Subjektif Energi Suara | 28 |
| Tabel 2.8 | Klasifikasi Nilai STC..... | 31 |
| Tabel 2.9 | Penelitian Terdahulu | 41 |
| Tabel 3.1 | Variabel Penelitian..... | 52 |
| Tabel 4.1 | Pengaruh Ukuran Serat dan Komposisi Komposit Terhadap Nilai Transmission Loss | 65 |
| Tabel 4.2 | Nilai STC Tiap Variasi Komposisi dan Ukuran Serat..... | 70 |
| Tabel 4.3 | Daerah Serapan Infra Merah <i>Unsaturated Polyester Resin</i> | 77 |
| Tabel 4.4 | Daerah Serapan Infrared Sebelum dan Sesudah Perlakuan Alkalisasi | 79 |
| Tabel 4.5 | Daerah Serapan Komposit Poliester Serat Rami | 81 |
| Tabel 4.6 | Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Serat Terhadap Nilai Densitas..... | 83 |
| Tabel 4.7 | Nilai Impact Tiap Variasi | 87 |
| Tabel 4.8 | Hasil Uji Water Absorption Komposit Poliester Berpenguat Serat Rami | 90 |
| Tabel 4.7 | Perbandingan Hasil Uji dengan Standar <i>Dashboard</i> | 92 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kondisi bumi semakin ramai dan tidak nyaman. Kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia (Sasongko, 2000). Bising memang tidak menyebabkan efek penurunan tingkat pendengaran manusia, namun tetap ada efek negatif dalam hal kenyamanan dan gangguan percakapan. Kebisingan sesuai dengan Kep. Men 48/MEN.LH/11/1996 merupakan bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu dan akan menimbulkan gangguan kesehatan manusia serta kenyamanan lingkungan, termasuk ternak, satwa dan sistem alam yang mana tingkat dari baku mutu kebisingan di daerah perkotaan adalah 55dB. Peraturan MenLH nomor 07 tahun 2009 menjelaskan bahwa ambang batas kebisingan mobil sebesar 80 dB.

Adapun di perkotaan tingkat kebisingan sangat tinggi. Menurut data dari LIPI, di Indonesia sebanyak 96% kota-kota besar telah melewati nilai baku mutu kebisingan siang dan malam sebesar 55dB. Secara umum sumber kebisingan didominasi berasal dari aktivitas kendaraan di jalan raya, jalan raya utama maupun jalan utama di pemukiman, kegiatan komersial, industri dan lalu lintas. Dengan ditambah dengan kemacetan yang tinggi di daerah perkotaan, memungkinkan penggunaan jalan alternatif di pemukiman sehingga menjadikan kebisingan di area pemukiman semakin meningkat. Menurut Kryter (1970) tingkat kebisingan jalan raya dapat mencapai 70-80 dB. Selain bersumber dari darat, kebisingan juga disebabkan oleh aktivitas pesawat terbang yang memiliki tingkat kebisingan mencapai 95-105 dB (Addina, 2015).

Kebisingan tidak dapat dicegah namun dapat dilakukan berbagai upaya untuk mengurangi tingkat kebisingan. Dalam pengendalian kebisingan mencakup tiga aspek yaitu sumber kebisingan yang berasal dari aktivitas industri, rumah tangga, mesin dan sebagainya. Kedua adalah media rambatan yang berupa reduksi antar penghalang atau *sound barrier*. Ketiga yakni pengendalian kebisingan pada manusia untuk mengurangi kebisingan itu sendiri, seperti menggunakan alat pelindung diri (Haryono, 2015). Ketiga aspek tersebut dapat diatasi dengan cara membuat inovasi material akustik yang ramah lingkungan dan murah.

Salah satu cara untuk mengendalikan kebisingan adalah dengan peredam suara. Pada umumnya produk yang sering digunakan sebagai peredam suara adalah glasswol, namun memiliki bahaya yang cukup tinggi karena terbuat dari serat sintetis yang diproduksi dari bahan berserat anorganik yang mengandung serat silika. Glasswol jika dihirup akan menetap di paru-paru sehingga bersifat karsinogenik dan berpotensi menyebabkan kanker (U.S. Department of Health and Human Services, 2016). Oleh karena itu beberapa tahun terakhir banyak peneliti yang lebih condong memanfaatkan bahan dari serat alam untuk pembuatan komposit sebagai material akustik karena lebih ramah lingkungan. Selain ramah lingkungan, dari segi ekonomis serat alam memiliki nilai ekonomis yang tinggi dengan harga yang murah. Serat alam dapat diaplikasikan sebagai penguat untuk natural polimer seperti kanji, lignin, hemiselulosa, karet dll. Sehingga material menjadi 100% biodegradable (Maria Wladya-przybylak, 2010).

Sebagai material peredam suara, komposit terus dikembangkan terutama untuk *filler* yang berasal dari serat alam. Penggunaan serat alam untuk *filler* komposit polimer telah digunakan oleh Farid dkk (2018) Komposit poliester berpenguat serat rami mampu menghasilkan nilai koefisien absorpsi suara sebesar 0,993 pada frekuensi 1225 Hz (Tri dan Farid, 2013). Itu berarti 99% suara yang diterima akan diserap ketika bersentuhan

dengan material tersebut. Adapun panjang serat sangat memengaruhi sifat peredam suara yakni pada frekuensi 1000Hz nilainya akan semakin naik pada komposit gypsum berpenguat serat ampas tebu (Suban dan Farid,2015). Penelitian oleh Farid dan Aljabir (2018) penambahan ketebalan pada komposit meningkatkan nilai STC 2 tingkat .

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh ukuran serat dan komposisi serat terhadap nilai *Sound Transmission Class* pada komposit poliester berpenguat serat rami. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian mekanik, fisik serta morfologi guna mengetahui sifat-sifatnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh variasi ukuran serat dan komposisi serat terhadap nilai *Sound Transmission Class* komposit poliester berpenguat serat rami?
2. Bagaimana pengaruh ukuran serat dan komposisi serat terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit poliester berpenguat serat rami?
3. Komposit dengan variasi ukuran serat manakah yang mempunyai nilai *Sound Transmission Class* tertinggi pada tiap variasi komposisi serat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya sangat kecil pada penelitian sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Kadar uap air dan gas pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
2. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan serat dapat diabaikan.
3. Panjang serat dianggap homogen

-
4. Pencampuran yang dilakukan dianggap homogen

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa pengaruh ukuran serat dan komposisi serat terhadap nilai *Sound Transmission Class* komposit poliester berpenguat serat rami
2. Menganalisa pengaruh ukuran serat dan komposisi serat terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit poliester berpenguat serat rami
3. Mendapatkan komposit dengan variasi ukuran serat yang mempunyai nilai *Sound Transmission Class* tertinggi pada tiap variasi komposisi serat

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendapatkan inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat alam dan dalam aplikasinya sebagai material akustik
2. Memanfaatkan bahan dan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih
3. Dapat digunakan sebagai rujukan terhadap penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan serat alami dalam aplikasi sebagai material akustik

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

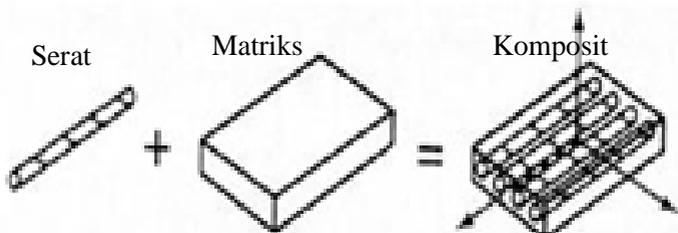
2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material dengan perpaduan dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara fisik dan makroskopik. Perpaduan bahan tersebut bisa dari logam, plastik atau polimer dan juga 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 sendirisendiri (Gibson,1984).

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 (Rijswijk,2001). Sebuah material komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat yang lebih baik daripada komponen individunya. Berbeda dengan paduan logam, masing-masing material mempertahankan sifat kimia, fisik, dan mekanik. Kedua konstituen ini adalah *reinforcement* (penguat) dan matriks. Jika dianalogikan *reinforcement* adalah suatu pulau di tengah lautan dimana lautan tersebut adalah 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.

Ilustrasi skema pembentukan komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Skema Pembentukan Komposit (Sulistijono, 2012).

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan komposisi material yang tidak dapat dipisahkan yang didesain membentuk sebuah produk. (Schwartz,1984).

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan. Diantaranya :

1. Mempunyai bobot yang ringan
2. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
3. Biaya produksi murah
4. Tahan terhadap korosi

Keuntungan dan kerugian komposit dijelaskan dalam Tabel 2.1 berikut ini :

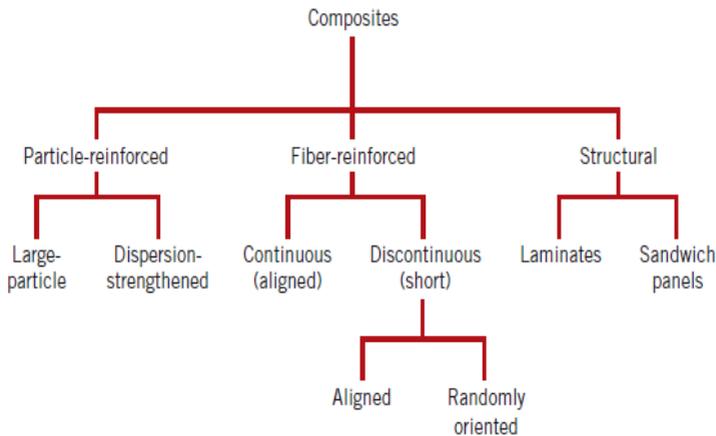
Tabel 2. 1 Keuntungan dan Kerugian Komposit (Peter, 2002).

| Keuntungan | | Kerugian | |
|------------|--|----------|--|
| 1. | Berat berkurang | 1. | Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi |
| 2. | Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi | 2. | Sifat-sifat bidang melintang lemah |
| 3. | Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban | 3. | Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan |
| 4. | Lebih tahan terhadap korosi | 4. | Sulit dalam mengikat |
| 5. | Kehilangan sebagiansifat dasar material | 5. | Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan, analisis untuk efisiensi damping tidak mencapai consensus |
| 6. | Ongkos manufaktur rendah | | |
| 7. | Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun | | |

Dari Tabel 2.1 diatas dapat disimpulkan bahwa material komposit merupakan salah satu material inovatif yang dapat digunakan di masa depan. Di tengah semakin menipisnya bahan baku yang ada di alam, seperti besi, aluminium, mangan, krom dan sebagainya komposit dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan diatas. Disamping prosesnya lebih mudah, komposit sangat jauh lebih murah dalam ongkos manufakturnya. Hal ini dapat terlihat pada bidang industri yang menggunakan material komposit, seperti pada bidang penerbangan dan kelautan.

2.1.1 Klasifikasi Komposit

Komposit diklasifikasikan berdasarkan penguat dan matriksnya. Adapun berdasarkan penguatnya komposit dikelompokkan menjadi penguat partikulat, penguat serat dan laminat (struktural). Skema klasifikasi komposit berdasarkan penguat adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Klasifikasi Material Komposit (Callister, 2009).

Komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam berdasarkan penguatnya (Jones,1975), yaitu :

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat (*Fiber*). *Fiber* yang digunakan untuk menguatkan matriks dapat pendek, panjang, atau kontinyu. Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat menempatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

a. *Continuous Fiber Composite*

Komposit jenis ini susunan seratnya panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Namun, Komposit jenis ini memiliki kelemahan pada pemisahan antar lapisannya. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

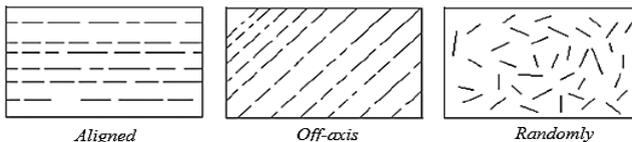
b. *Woven Fiber Composite*

Komposit jenis ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena memiliki susunan serat yang mengikat antar lapisan berbentuk anyaman. Namun, susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus tersebut mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

c. *Discontinuous Fiber composite*

Gambar 2.3 menunjukkan komposit jenis ini memiliki tipe serat pendek dan dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. *Aligned discontinuous fiber*
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

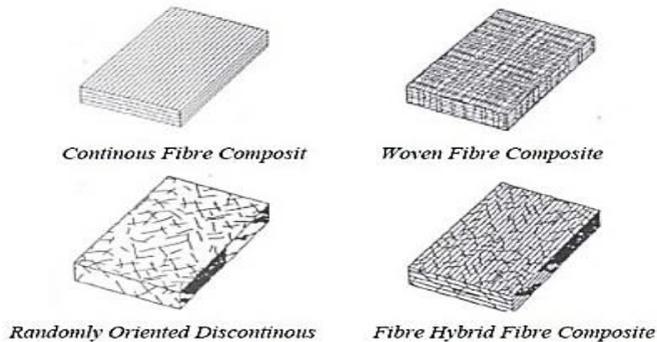


Gambar 2. 3 Tipe Discontinuous Fiber (Callister, 2009).

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat berukuran pendek tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe ini umumnya digunakan untuk memproduksi pada volume yang besar karena faktor biaya manufakturnya lebih murah. Namun, kekurangan tipe ini adalah sifat mekanik masih dibawah penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

d. Hybrid fiber composite

Komposit ini merupakan gabungan antara jenis serat lurus dengan serat acak. Tipe gabungan digunakan agar dapat memperbaiki kekurangan sifat dari keduanya dan menggabungkan kelebihanannya.



Gambar 2. 4 Tipe Komposit Serat (Callister, 2009).

Berdasarkan jenis seratnya dibedakan atas:

a. Serat Kontinyu

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

b. Serat Diskontinyu

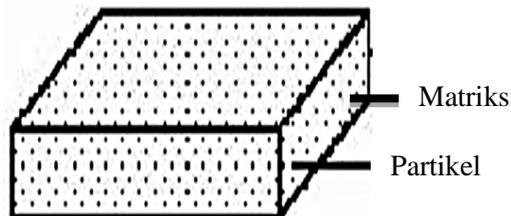
Serat menyebar dengan acak sehingga sifat mekaniknya tidak terlalu baik jika dibandingkan dengan serat kontinyu.

2. Komposit Laminat (*Laminates Composites*)

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

3. Komposit partikel (*particulate composites*)

Komposit partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit. Partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Komposit partikel ditunjukkan oleh Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Komposit Partikel (Callister, 2009).

Berdasarkan matriks yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas (Gibson,1984) :

1. MMC : *Metal Matriks Composite* (menggunakan matriks logam) merupakan salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1993. Pada mulanya yang diteliti adalah *continuous filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan
2. CMC : *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah : oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC adalah dengan proses DIMC yaitu proses pembentukan komposit dengan oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah filler.

3. PMC: *Polimer Matriks Composite* (menggunakan matriks polimer) merupakan matriks yang paling banyak digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi menjadi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Polimer termoset tidak dapat didaur ulang berbeda dengan termoplastik yang dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan. Adapun jenis-jenis termoplastik yang biasanya digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain lain.

2.2 Serat

Serat adalah bahan pengisi matriks yang digunakan agar dapat memperbaiki sifat dan struktur yang tidak memiliki matriks. Serat merupakan bahan yang kuat, kaku dan getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

1. Perlekatan (bonding) antara serat dan matriks yang sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (Debonding)
2. Kelangsingan (aspect ratio) yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter serat yang cukup besar.

Arah serat menentukan kekuatan dari komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Pada pencampuran dan arah serat perlu diperhatikan jika orientasi serat semakin acak maka sifat mekanik pada salah satu arah akan lemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah atau dapat dikatakan kekuatannya meningkat. Selain arah, panjang serat juga berpengaruh pada kekuatan komposit. Terdapat 2 penggunaan jenis serat yaitu serat panjang dan serat pendek dengan serat panjang lebih kuat dibandingkan dengan serat pendek. Namun dalam peletakannya, serat pendek lebih mudah peletakannya daripada serat panjang (Scwartz,1984).

Saat ini jenis komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan berpenguat partikulat dan laminat. Adapun keuntungan menggunakan komposit berpenguat serat sebagai berikut :

1. Memiliki perbandingan antara panjang dan diameter yang besar. Maka serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks apabila dibandingkan dengan menggunakan penguat laun.
2. Ukuran serat sangat kecil sehingga jumlah cacat per satuan volume serat akan lebih kecil.
3. Memiliki massa jenis (ρ) yang rendah sehingga memiliki sifat mekanik yang sangat baik dan konsisten
4. Fleksibilitas serat dan diameternya yang kecil membuat proses manufaktur menjadi lebih mudah

Fungsi utama serat atau serbuk dalam komposit struktur adalah :

- a. Berfungsi untuk membawa beban. Dalam komposit struktur, 70% - 90% beban didukung oleh serat
- b. Berfungsi untuk memberikan kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat struktur lainnya dalam komposit
- c. Berfungsi sebagai penyedia insulasi elektrik, tergantung pada jenis serat atau serbuk yang digunakan.

Dari fungsi diatas, maka pemilihan material penguat merupakan pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik dari komposit. Salah satu jenis komposit yang bahan penguatnya terdiri atas partikel yang tersebar merata dalam matriks yang berfungsi sebagai pengikat adalah komposit partikel.

2.2.1 Serat Alam

Selain Tandan Kosong Kelapa Sawit, terdapat serat alam lain yang juga dapat digunakan sebagai pengisi komposit yaitu serat bambu dan rami. Fase matriks yang amorf dalam dinding sel adaah sangat kompleks dengan terdiri dari hemiselulosa, lignin dan dalam beberapa serat terdapat pektin. Molekul hemiselulosa

adalah hidrogen yang terikat kepada selulosa dan bertindak sebagai pengikat diantara mikrofibril-mikrofibril selulosa, membentuk jaringan selulosa-hemiselulosa, dan merupakan komponen struktural utama dari sel serat. Adapun jaringan lignin adalah hidrofobik yang mempengaruhi sifat dari jaringan lain. Struktur, sudut mikrofibril, ukuran sel, cacat-cacat dan komposisi kimia serat-serat adalah variabel-variabel penting yang saling menentukan sifat menyeluruh serat (Mukherjee, 1986). Pektin merupakan molekul kompleks karbohidrat yang memiliki rantai utama yang tersusun dari rantai (1-4) α -D-galacturonan yang diinterupsi oleh segmen (1-2)- α -L-rhamnan. Pektin bertanggungjawab atas kapasitas pertukaran ion dari dinding sel dan pengendalian lingkungan ionik dan pH di dalam sel (Perez, 2010).

Menurut Maria Wladya-przybylak (2010) kelebihan serat alami antara lain :

1. Ramah lingkungan dalam fase produksi, proses, dan limbah
2. Memiliki nilai elastisitas yang lebih tinggi ketika dipadukan dengan polimer
3. Menunjukkan sifat isolasi akustik yang baik
4. Menunjukkan sifat penyerapan getaran yang baik
5. Memiliki metode proses yang sudah umum
6. Harga komposit polimer berpenguat serat alam mencapai 2 atau 3 kali lebih murah dibandingkan dengan polimer berpenguat serat gelas
7. Dapat diaplikasikan sebagai penguat untuk natural polimer seperti kanji, lignin, hemiselulosa, karet dll. Sehingga material menjadi 100% *biodegradable*

Serat-serat alam cukup baik dalam menguatkan polimer baik termoset maupun termoplas, karena memiliki kekakuan dan kekuatan yang relatif tinggi dengan densitas yang rendah. Adapun karakteristik serat alam dalam aplikasi sebagai komposit dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2 Karakteristik Serat Alam (Suryanto,2014).

| Fiber | Densit y (gr cm ⁻¹) | Diameter (μ) | Fiber Aspect Ratio (average) | E- Modulus (Gpa) | Tensile Strength (Mpa) | Strength (kN m Kg ⁻¹) |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------|---|
| MPs | 0,8992 | 33,8 \pm 5,6 | 10 ⁶ | 17,4 \pm 3,9 | 452 \pm 47 | 507 |
| MPs treated NaOH 5% | - | 27,1 \pm 4 | - | 20,9 \pm 4,3 | 497 \pm 17 | - |
| Cotton | 1,5-1,6 | 12-38 | 1919 | 5,5-12,6 | 287-597 | 179-398 |
| Ramie | 1,5 | 40-600 | 1000 | 27,6 | 345- 1035 | 230-690 |
| Rice straw | 1,36 | 4-16 | 74 | 26 | 450 | 331 |
| Jute | 1,3 | 26,0 | 100 | 91,9 | 1316 | 1012 |
| Sisal | 1,45 | 50-200 | 150 | 9,4-22 | 530-630 | 382 |
| Sea grass | 1-1,5 | 5 | - | 1 | 573 \pm 120 | 458 |
| Coir | 1,15- 1,46 | 100-400 | - | 4-6 | 131-220 | 169 |
| Bagase | 0,341 | 20 | 85 | 4,5 | 89,9 | 264 |

2.2.2 Serat Rami

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dikenal sebagai bahan baku tekstil yang sudah dibudidayakan di Indonesia sebagai pengganti kapas sejak masa penjajahan Belanda. Tanaman rami adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, taham terhadap penyakit dan hama serta dapat mendukung pelestarian lingkungan. Serat rami diambil dan diolah menjadi bahan baku tekstil , dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan serat alam yang lainnya. Gambar 2.6 menunjukkan dari tanaman rami :



Gambar 2. 6 Tanaman Rami (*sumber : <http://adhiputrabusana>*).

Tanaman rami memiliki karakterisasi yang unik. Tanaman ini bisa tumbuh di wilayah manapun dan memiliki masa produktif yang dangat baik. Dalam waktu 3-4 bulan, tanaman rami sudah bisa di panen dan berlangsung hingga 8 tahun. Bergantung pada kondisi tanah dan perawatannya, dapat dihasilkan sekitar 36 ton batang basah dengan rendemen antara 3,5 – 4,0 %, sehingga diperoleh serat rami *china grass* sekitar 1,3 ton per hektar. Selama ini limbah hasil dekortikasi batang rami sebanyak 96% atau 34,7 ton per hektar limbah basah yang pada umumnya dimanfaatkan sebagai kompos atau pakan ternak (Eriningsih,2014).

Tanaman rami merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil seperti halnya kapas karena memiliki kemiripan dengan kapas. Sehingga rami mempunyai potensi untuk diolah menjadi kain fahsion yang berkualitas tinggi. Daun, batang dan akar tanaman rami memiliki manfaat. Daun tanaman rami memiliki antioksidan yang setara dengan teh hijau. Selain itu daun rami juga mengandung vitamin A,C dan E serta kalsium. Batang daun rami dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kertas.

Selulosa yang terkandung dalam rami sebanyak 68,6% - 76,2%. Adapun sifat fisik dan kimia serat rami dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut

Tabel 2. 3 Sifat Fisik dan Kimia Serat Rami (Mohanty, 2000).

| Karakteristik | Nilai |
|--------------------------------|-------------|
| Selulosa (% berat) | 68,6 -76,2 |
| Lignin (%berat) | 0,6 – 0,7 |
| Hemiselulosa (%berat) | 13,1 – 16,7 |
| Pektin (%berat) | 1,9 |
| Lilin (%berat) | 0,3 |
| Sudut mikrofibril (°) | 7,5 |
| Kadar air (%berat) | 8,0 |
| Kerapatan (g/cm ³) | 1,5 |

Selain sifat fisik serat rami juga memiliki sifat mekanik yang sangat baik. *Tensile strength* (kekuatan tarik) sebesar 220-938 Mpa dan modulus young sebesar 44-128 Gpa (Purwati, 2005).

2.3 Matriks

Gibson (1991) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi :

1. Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
2. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
3. Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat

Fungsi penting material matriks menurut (Mazumdar, 2002)

- a. Material matriks mengikat serat atau serbuk bersama sama dan menghantarkan beban ke serat dan serbuk. Matriks memberikan kekakuan dalam bentuk terhadap struktur.
- b. Matriks mengisolasi serat atau serbuk sehingga masing-masing dapat bekerja secara terpisah. Hal ini dapat menghentikan atau memperlambat propagasi retak
- c. Matriks memberikan perlindungan untuk serat atau serbuk penguat terhadap serangan kimia (misalnya korosi) dan kerusakan mekanik (misalnya aus)

- d. Bergantung kepada bahan matriks yang dipilih, akan memengaruhi karakteristik unjuk kerja yang duktilitas (liat, kenyal), kekuatan impak, dan lain-lain. Sebuah matriks yang kenyal akan meningkatkan ketangguhan struktur. Untuk persyaratan ketangguhan yang lebih tinggi, bisa dipilih komposit berbasis thermoplastik.
- e. Mode kegagalan sebagian besar dipengaruhi oleh jenis bahan matriks yang digunakan dalam komposisi dan juga kompatibilitasnya terhadap serat.

Matriks dapat dikelompokkan menjadi thermoplastik dan thermoset. Jenis thermoplastik relatif lebih mudah diproses menjadi komposit bukan karbon, tetapi tantangannya saat ini adalah mengubahnya menjadi karbon murni. Sifat thermoplastiknya mensyaratkan bahwa ia ingin juga diisikan di dalam sampel melalui cara eksternal, atau diperlukan secara kimiawi (distabilisasikan) sebelum pemanasan ke temperatur karbonisasi. Sedangkan matriks jenis termosetting mempunyai ketahanan yang baik pada temperatur tinggi karena proses pembuatannya menggunakan proses *curing* (pemanasan sampai menjadi keras) pada temperatur tinggi (Miracle,2001).

2.4 Poliester Tak Jenuh

Resin polyester memiliki kekuatan mekanik yang baik serta harga yang lebih ekonomis. Adapun kelebihan-kelebihannya sebagai berikut :

1. Gaya adhesi yang cukup baik
2. Ketahanan yang baik terhadap panas, bahan kimia, asam, maupun basa
3. Membentuk komposit yang baik dengan kayu, logam, serat gelas, plastik, dan serat alam

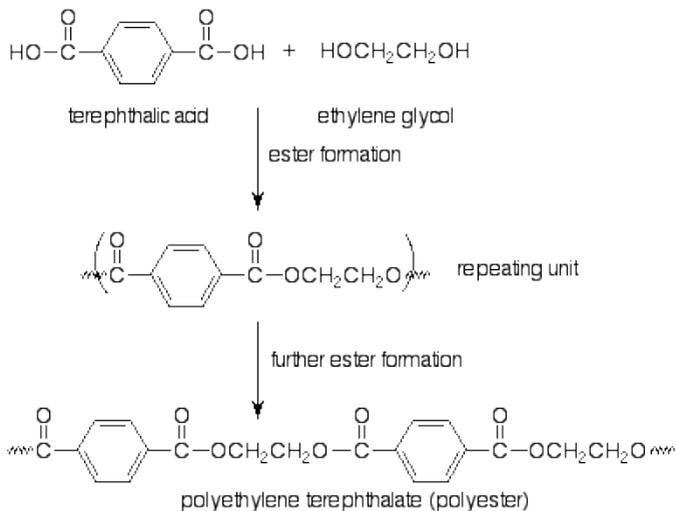
Di samping kelebihan yang dimilikinya, polyester juga memiliki kelemahan, antara lain:

1. Nilai regangan lebih rendah dibandingkan resin epoksi

2. Sifat ketahanan nyala api dan ketahanan panas lebih rendah dibandingkan resin phenolyc

Polyester tak jenuh merupakan resin sintetik yang tersusun dari rantai lurus, yang dihasilkan dari reaksi glikol dengan asam difungsional seperti asam maleat, asam adipat, dll (Adryani, 2014).

Polyester tak jenuh merupakan polimer jenis termoset banyak digunakan sebagai matriks komposit dengan penguat dari serat alam selulosa. Resin ini banyak digunakan untuk aplikasi komposit di dunia industri dengan pertimbangan harga murah, waktu yang dibutuhkan untuk curing 3-5 jam untuk mengering namun untuk benar-benar mengering dan mendapat sifat mekanik yang lebih baik adalah selama 24 jam (Hestiawan, 2017). Selain itu poliester tak jenuh juga memiliki sifat kimia dan mekanik yang baik, dan mudah difabrikasi dengann diisi dan diperkuat oleh serat dalam bentuk cair (Kumar,2009)



Gambar 2. 7 Reaksi pembentukan Poliester tak jenuh (Mallick,2008).

Reaksi pembentukan poliester tak jenuh ditunjukkan pada Gambar 2.7

Resin poliester terbagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Poliester tipe jenuh (saturated polyester), tipe jenis ini tidak dapat mengalami proses pengerasan atau curing.
2. Poliester tidak jenuh (unsaturated polyester), tipe jenis ini dapat mengalami pengerasan (curing) dari fasa cair menjadi fasa padat. Resin unsaturated polyester merupakan resin cair memiliki viskositas yang rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis.

Adapun sifat mekanik dari UPR dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2. 4 Nilai Sifat Mekanik *Unsaturated Polyester* (Mallick,2008).

| No. | Sifat Mekanik | Nilai | Satuan |
|-----|-----------------------|-------|--------------------|
| 1. | Kekuatan Tarik Statis | 5,5 | kg/mm ³ |
| 2. | Modulus Elastisitas | 300 | kg/mm ² |
| 3. | Kekuatan Lentur | 9,4 | kg/mm ² |
| 4. | Densitas | 1,2 | gr/cm ³ |
| 5. | Elongation | 1,6 | % |

2.5 Gelombang dan Bunyi

2.5.1 Gelombang

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

1. Gelombang Mekanik

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

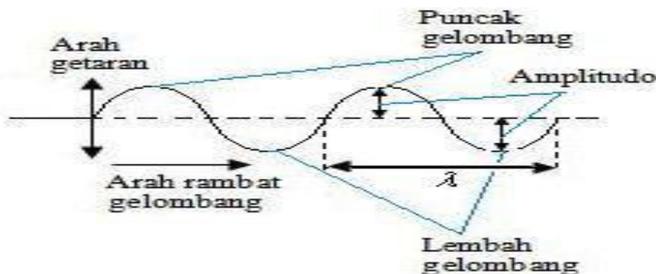
2. Gelombang Elektromagnetik

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

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

a. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Gelombang Transversal (Resnick, 2010).

Keterangan :

λ = Panjang gelombang , satuannya meter (m)

Amplitudo = Simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan satuannya m/s. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v , λ , T , dan f ditunjukkan pada Persamaan 2.1, Persamaan 2.2, Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4

$$f = 1/T \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\lambda = v \times T \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\lambda = v/f \dots\dots\dots(2.3)$$

$$v = \lambda \times f \dots\dots\dots(2.4)$$

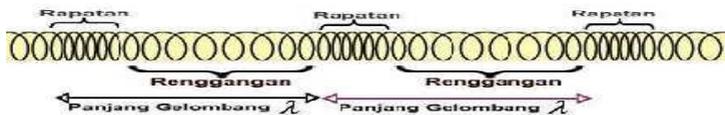
Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20.000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang. Jarak rentang frekuensi ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi (Resnick dan Halliday, 2010).

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

b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal. Gambar 2.9 menunjukkan ilustrasi dari gelombang longitudinal.



Gambar 2. 9 Gelombang Longitudinal(Resnick, 2010).

2.5.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh. Doelle (1993) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi, yaitu:

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



Gambar 2. 10 Mekanisme Terdengarnya Bunyi(Doelle,1993).

Gambar 2.10 menunjukkan mekanisme terjadinya bunyi. Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh informasi dan untuk mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman, 1998) Bunyi-bunyi yang muncul pada frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik, sedangkan yang muncul di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Dalam rentang 20 Hz sampai 20.000 Hz tersebut, bunyi masih dibedakan lagi menjadi bunyi dengan frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz), frekuensi sedang (1000-4000 Hz) dan frekuensi tinggi (diatas 4000 Hz). Frekuensi ini menyebabkan perbedaan tinggi rendahnya nada (Mediastika, 2009).

Bunyi berasal adanya gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang dapat terdengar oleh telinga normal manusia (*audio sound*). Dibawah rentang tersebut disebut bunyi infra (*infra sound*), sedang di atas rentang tersebut disebut bunyi ultra (*ultra sound*), bunyi udara (*airborne sound*) adalah bunyi yang merambat lewat udara, sedangkan bunyi struktur (*structural sound*) adalah bunyi yang merambat melalui struktur bangunan. Alat untuk mengukur besarnya bunyi atau tekanan suara yang

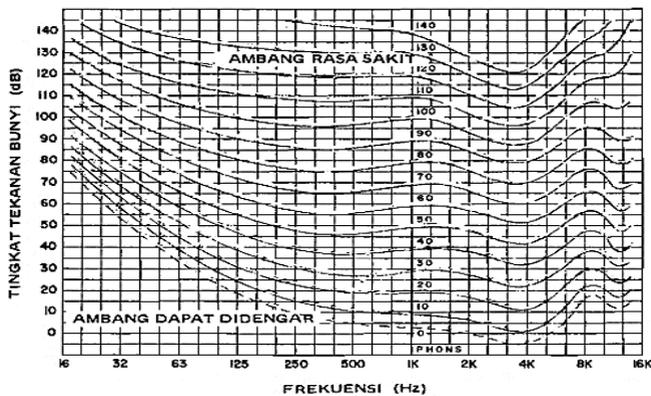
keluar dari sumbernya adalah *sound level meter* dengan satuan bunyi adalah desible (dB).

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Giancoli, 1998).

2.5.3 Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang kehadirannya dapat mengganggu dan keberadaannya tidak diinginkan berasal dari suara manusia, aktivitas lalu lintas darat, lalu lintas udara, mesin industri, dan refleksi suara speaker. Suara merupakan suatu sensasi yang dihasilkan yang dapat dinikmati organ pendengaran manusia ketika gelombang-gelombang suara dibentuk di udara sekeliling manusia melalui getaran yang diterimanya. Bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia berada pada frekuensi 20 – 20.000 Hz (Djalante, 2010).

Bunyi akan terdengar dari sumbernya apabila bunyi melebihi background noise minimal 6 dB sampai 10 dB. Manusia dapat mendengar suara desibel (intensitas kebisingan) dari 0 (pelan sekali) hingga 140 dB (suara tinggi dan menyakitkan). Jika intensitas kebisingan lebih dari 140 dB maka akan terjadi kerusakan pada gendang telinga yang bersifat sementara bahkan merusak organ-organ dalam gendang telinga secara permanen. Ambang batas maksimum aman bagi manusia adalah 80 dB, namun pendengaran manusia dapat mentolerir lebih dari 80 dB, asalkan waktu paparan dari kebisingan diperhatikan (Howard, 2009). Tingkat tekanan bunyi berdasarkan frekuensi ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Tingkat Tekanan Bunyi Berdasarkan Frekuensi (Howard, 2009).

Pada perkembangan bidang otomotif, peredaman biasanya berperan efektif dalam mengendalikan kebisingan dan getaran yang mengganggu kenyamanan penumpang dan kebisingan tersebut yang ditanggung oleh struktur material. Misalnya pada *door panel* pada mobil yang didesain untuk mengurangi suara yang mengganggu dari luar dan dashboard untuk mengurangi suara yang dihasilkan oleh mesin mobil sehingga suara yang didengar lebih aman dan tidak mengganggu kenyamanan.

Di lain sisi, pemilihan material peredam sangat penting untuk mengurangi kebisingan udara yang berasal dari luar. Kebisingan dari luar kendaraan secara fungsi dikontrol oleh panel bodi, insulasi dan interior penyerap suara (Wang, 2011). Bodi mobil biasanya didesain berlapis dengan lapisan metal, material peredam dan material akustik termasuk karpet dan interior mobil. Skala intensitas bunyi ditunjukkan oleh Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Daftar Skala Intensitas Bunyi (Howard,2009).

| No. | Tingkat kebisingan (dB) | Intensitas (dB) | Batas dengar tertinggi |
|-----|-------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1. | Menulikan | 100-120 | Mesin uap, meriam, halilintar |
| 2. | Sangat kuat | 80-100 | Pluit polisi, pabrik |
| 3. | Kuat | 60-80 | Radio, jalan, kantor |
| 4. | Sedang | 40-60 | Percakapan kuat |
| 5. | Tenang | 20-140 | Percakapan |
| 6. | Sangat tenang | 0-20 | Berbisik |

Pada peraturan menteri tersebut menunjukkan nilai ambang batas kebisingan dari tipe kendaraan bermotor baru. Untuk kebisingan mobil tipe M1 dengan kapasitas penumpang kurang lebih sama dengan 8 orang, nilai ambang kebisingannya sebesar 80 dB dan untuk truk sebesar 81 dB. Perhitungan nilai kebisingan tersebut dilakukan pada kecepatan dibawah 50 km/jam. Pada kecepatan tersebut, nilai rpm berada pada range 1000 rpm, sehingga pada intensitas bunyi 80 dB, akan dapat dirasakan pada frekuensi rendah (PerMenLH, 2009).

2.6 *Sound Transmission Loss*

Suara adalah gelombang tekanan yang berubah-ubah dengan cepat melalui suatu medium rambatan. Ketika suara bergerak melalui udara, tekanan atmosfer bervariasi secara berkala dengan jumlah variasi tekanan per detik disebut frekuensi suara (Hz).. Sifat lain dari suara adalah kenyaringannya. Suatu suara keras biasanya memiliki tekanan yang lebih besar dan yang lemah memiliki variasi tekanan yang lebih kecil. Tekanan dinyatakan dalam Pascal (Pa) atau didefinisikan sebagai N/m². Adapun telinga manusia dapat menerima berbagai tekanan suara mulai dari suara paling lembut sebesar 20 µPa yaitu 20 x 10⁻⁶ Pa dan disebut *Threshold of Hearing*. Di lain sisi, tekanan suara yang dekat dengan beberapa peristiwa yang sangat bising seperti pesawat ulang alik dapat menghasilkan variasi tekanan yang

besar sekitar 2000 Pa atau $2 \times 10^9 \mu\text{Pa}$. Cara yang lebih sederhana adalah menggunakan skala logaritmik untuk kenyaringan suara, menggunakan 10 sebagai basis. Dengan menghindari pengekspresian suara atau bunyi dalam hal Pa, yang dapat melibatkan beberapa angka yang tidak dapat dikelola maka skala desibel (dB) digunakan. Skala ini menggunakan ambang pendengaran sebesar $20 \mu\text{Pa}$ atau 20×10^{-6} sebagai referensi. Ini didefinisikan sebagai 0 dB. Tingkat tekanan suara, yang sering disingkat SPL dalam dB kemudian ditunjukkan oleh Persamaan 2.5.

$$SPL (dB) = 20 \log_{10} \frac{\text{tekanan suara terukur}}{\text{tekanan suara referensi}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Perbedaan antara energi suara di satu sisi dinding dan yang terpancar dari sisi lainnya disebut dengan *Sound Transmission Loss* (STL). Semakin besar *Sound transmission loss* (dB) semakin sedikit suara yang didengar. Nilai STL tergantung pada frekuensi dimana frekuensi rendah lebih mudah melewati dinding daripada frekuensi tinggi. Dalam situasi yang seimbang, perbedaan terkecil yang dapat dideteksi manusia dengan mudah adalah kurang lebih 3 desibel. Persepsi subjektif energi suara dalam desibel dapat dilihat Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Persepsi Subjektif Energi Suara (Willock, 2018).

| Perubahan dalam dB | Persepsi Subjektif | Perubahan energi suara % |
|--------------------|---|--------------------------|
| 0 – 3 | Hampir tidak bisa dirasakan | 50 |
| 4 – 5 | Terasa signifikan | 69 |
| 6 | Tingkat suara yang dirasakan ¼ kurang dari suala aslinya | 75 |
| 7 – 9 | Penurunan besar dalam tingkat suara | 87 |
| 10 | Suara yang dihasilkan adalah ½ lebih sedikit dari suara aslinya | 90 |

Sound Transmission pada interior mobil dapat dibedakan menjadi dua bagian, yakni resonant dan non-resonant. Dimana *resonant* biasanya dikaitkan dengan sifat akustik gelombang suara untuk gelombang bebas pada panel. Sedangkan non resonant dikaitkan dengan pergerakan gaya pada subjek panel yang mengalami eksitasi akustik dan responnya dikendalikan oleh massa panel. (Wang, 2011). Pada frekuensi yang bekerja pada panel, selama radiasi suara panel rendah dan resonant tidak berpengaruh, maka nonresonant akan mendominasi nilai STL berdasarkan hukum massa STL.

Pada frekuensi rendah pula, kekakuan dan ukuran panel menyebabkan kinerja total STL lebih tinggi daripada kinerja *mass law*. Pada frekuensi tinggi penambahan penguat pada struktural dapat meningkatkan kekakuan lentur panel secara efektif dan dapat meningkatkan kontribusi resonansi sehingga menurunkan STL. Meningkatkan nilai STL dapat dilakukan beberapa cara:

1. Meningkatkan massa / ketebalan

Peningkatan STL diharapkan 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. Konstruksi rongga

Salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan TL adalah dengan menggunakan konstruksi lapisan ganda yaitu dua lapisan material yang dipisahkan oleh ruang udara. Rongga udara memberikan pengurangan kebisingan yang meningkat karena hanya sebagian kecil dari energi bunyi yang ditransmisikan melalui permukaan, kemudian rongga dan lagi permukaan yang lain.

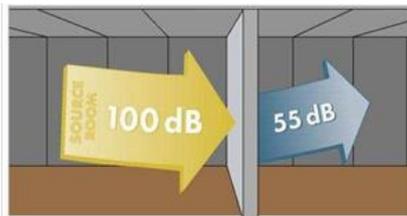
3. Material absorptif

Mengisi rongga dengan bahan isolasi absorptif (serat selulosa, serat kaca atau wol mineral) dapat meningkatkan STL secara substansial terutama ketika rongganya besar. menambahkan bahan absorptif ke rongga hanya menguntungkan jika koneksi struktural antara permukaan tidak mengirimkan energi getaran.

2.7 Sound Transmission Class

Sound Transmission Class adalah metode penilaian STL udara dari dinding atau lantai / perakitan langit-langit pada frekuensi yang berbeda dengan menggunakan nomor tunggal. STC ditentukan dari nilai-nilai STL dari suatu perakitan dan diperoleh dari sistem yang diuji di laboratorium. Regulasi Suara – *Building Code of Australia (BCA)*: Kode Bangunan Australia, menominasikan persyaratan STC minimum untuk dinding dan lantai antara tempat tinggal atau unit yang berdekatan dan sekitar layanan pipa.

Sound Transmission Loss (STL) dan *Sound Tansmission Class (STC)* adalah dua parameter yang digunakan dalam bidang akustik untuk mengetahui seberapa kuat sebuah dinding untuk menyerap suara yang merambat melalui udara. Ilustrasi dari STL ditunjukkan oleh Gambar 2.12



Gambar 2. 12 Ilustrasi Sound Transmission Loss (Sumoro, 2007).

Gambar 2.12 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 (Sumoro, 2007). Untuk memudahkan dalam mencari nilai penyerapan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal Sound Transmission Class yang dilakukan dari pengukuran TL dengan filter 1/3 oktaf pada rentang frekuensi 125 Hz s.d 4000 Hz.

Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh ASTM dengan deskripsi nilai STC ditunjukkan oleh 2.7

Tabel 2. 8 Klasifikasi Nilai STC (ASTM E413)

| 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. |

Kebanyakan, STC suatu bahan yang beredar dimasyarakat umum merupakan STC berjenis absorpsi atau serapan. STC jenis ini akan bekerja dengan melakukan penyerapan energi suatu bunyi sehingga output bunyi yang dihasilkan merupakan bunyi yang memiliki nilai desibel lebih kecil daripada bunyi input. Selain STC berjenis serapan, terdapat STC lain yang bekerja dengan memantulkan sebagian energi bunyi dan mentransmisikan

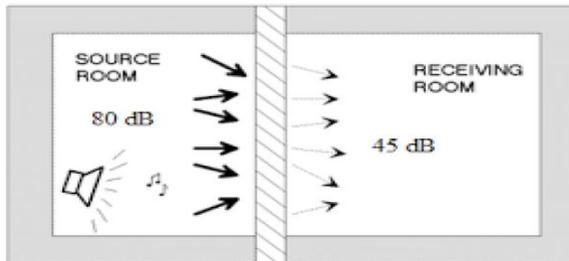
sisanya energi bunyi. Perbedaan mendasar antar kedua jenis STC ini adalah yang pertama material akan menyerap energi, sedangkan yang kedua akan memantulkan energi bunyi. Perbedaan antara STC dan transmission loss terletak pada arti fisiknya, dimana STC lebih ke sifat dalam mereduksi suara. Sedangkan untuk transmission loss lebih ke nilai dalam mereduksi suara (Anhar, 2006).

2.8 Metode Pengukuran STC

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

1. Metode reverberation room

Dalam metode ini, STL didefinisikan sebagai perbedaan antara tingkat tekanan suara rata-rata dari ruang sumber bunyi dan ruang penerima. Sound Transmission Loss ditunjukkan dalam Gambar 2.13

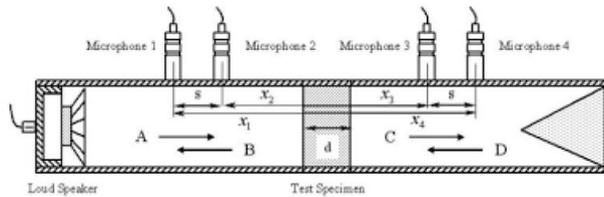


Gambar 2.13 Proses Terjadinya Sound Transmission Loss pada Material Akustik (SAE J1400).

2. Metode tabung impedansi

Metode ini menggunakan sebuah tabung dan 4 buah mikrofon sebagai sensor penangkap bunyi. Metode ini digunakan untuk mengukur nilai *transmission loss* sampel bahan akustik yang kecil dan gelombang bunyi merambat tegak lurus pada permukaan sampel tersebut dalam jangkauan frekuensi 200 sampai 3000 Hz. Prinsip dasar metode tabung impedansi adalah refleksi, absorpsi dan transmisi gelombang bunyi oleh permukaan

bahan pada suatu ruang tertutup di mana bahan tersebut digunakan untuk melapisi dinding. Metode ini mengacu pada ASTM E413-16. Gambar 2.14 menunjukkan skema diagram tabung impedansi untuk mengukur *sound transmission loss*.



Gambar 2. 14 Tabung Impedansi untuk Pengukuran Sound Transmission Loss (ASTM E1050,1998).

2.9 Material Akustik

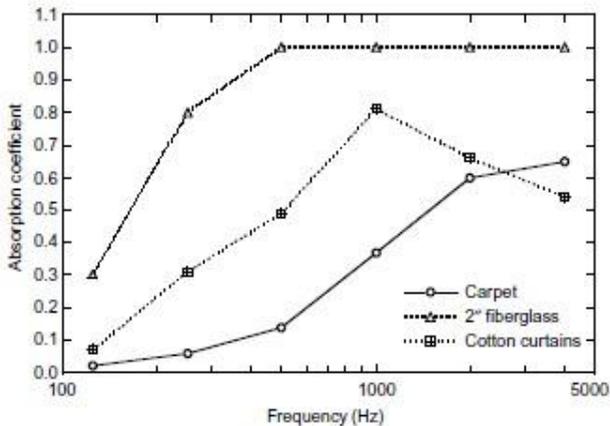
Ilmu yang mempelajari tentang fenomena dan gejala bunyi disebut akustik. Ketika suatu bunyi menumbuk pada suatu benda ataupun dinding, maka bunyi itu akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*) dan diteruskan (*transmitted*) oleh benda tersebut (Ruijgork, 1993).

Material penyerap suara yang memiliki karakteristik yang sangat berbeda karena perbedaan mekanisme dalam penyerapan suara, diantaranya ialah:

1. Penyerap Berpori

Penyerap berpori seperti karpet, gorden, dan bahan lembut lainnya, bekerja dengan kehilangan gesekan yang disebabkan oleh interaksi komponen kecepatan gelombang udara dengan permukaan material penyerap. Variasi tekanan yang diberikan, akan membutuhkan gradien tekanan yang lebih besar, karenanya kecepatan puncak yang lebih tinggi, seperti panjang gelombang semakin kecil dengan meningkatnya frekuensi. Karena gradien tekanan dari gelombang udara meningkat bersamaan dengan frekuensi, gesekan karena interaksi dengan permukaan akan

selalu meningkat bersamaan dengan frekuensi, maka dari itu penyerapan dari material jenis ini selalu meningkat seiring dengan frekuensi. Dapat dilihat bahwa semakin besar luas permukaan, maka semakin besar gesekan, semakin besar pula penyerapannya. Hal ini meunjukkan bahwa material berpori, yang mengandung serat dalam jumlah besar / satuan volume, seperti *fiber glass* berdensitas tinggi, dan karpet mewah, akancenderung memiliki tingkat penyerapan yang tinggi (Howard, 2009). Kurva absorpsi untuk penyerap berpori ditunjukkan Gambar 2.15.

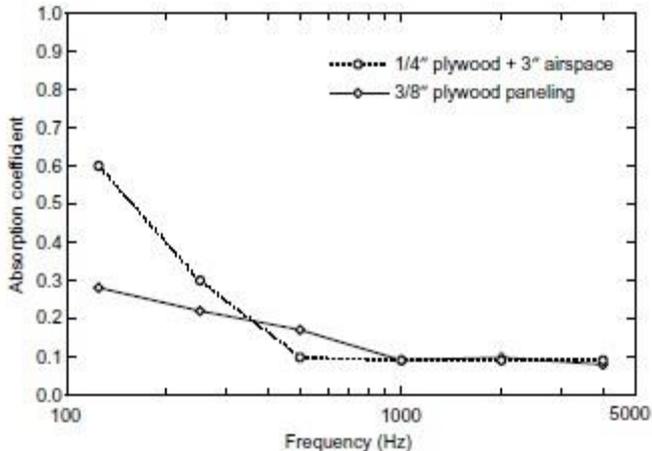


Gambar 2.15. Kurva Absorpsi Penyerap Berpori (Howard,2009).

2. Penyerap Resonan

Penyerap resonan seperti panel kayu, bekerja karena energi suara mengakibatkan vibrasi pada penyerap dan dikonversi ke hilangnya gesekan dalam struktur penyerap itu sendiri. Hal ini membuat mereka sensitif terhadap komponen tekanan gelombang

suara dan bekerja dengan baik ketika menempel pada dinding. Pada panel kayu, penyerapan diakibatkan hilangnya gesekan internal pada kayu. Karena material penyerap adalah resonan, maka penyerapannya meningkat pada frekuensi rendah. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 16



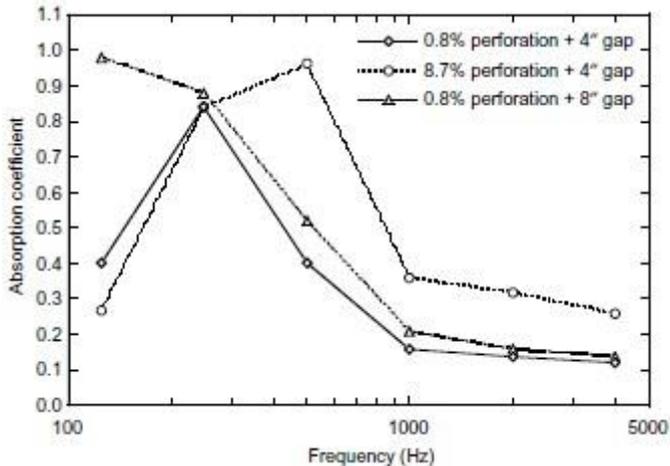
Gambar 2.16. Kurva Absorpsi Penyerap Resonansi (Howard,2009).

Karakteristik resonan pada penyerap ini memungkinkan untuk disesuaikan ke frekuensi rendah dan menghasilkan karakteristik penyerapan yang melengkapi penyerap berpori (Howard, 2009).

3. Penyerap Helmholtz

Bentuk lain dari penyerap resonan berdasarkan pada penggunaan resonansi yang muncul ketika udara terjebak didalam tabung diatas ruang udara. Tipe resonansi ini disebut resonansi Helmholtz. Rongga bertindak seperti pegas, dan udara

dalam tabung diatas rongga bertindak seperti massa. Konstruksi dari peredam tipe ini terdiri dari panel berlubang diatas udara. Tipe penyerap ini sering digunakan untuk menambahkan penyerapan pada frekuensi tinggi dan rentang rendah hingga pertengahan (Howard, 2009). Kurva absorpsi untuk penyerap helmholtz ditunjukkan oleh Gambar 2.17

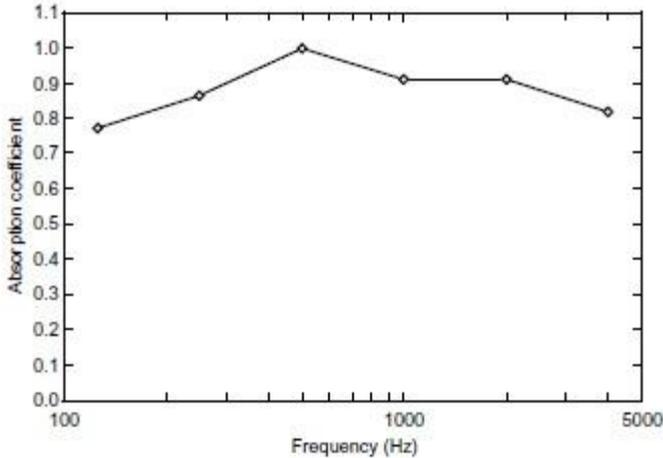


Gambar 2.17 Kurva Absorpsi Penyerap Helmholtz (Howard,2009).

4. Penyerap *Wideband*

Apabila diinginkan sebuah material yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh material besar untuk seluruh daerah frekuensi. (Howard,

2009). Kurva absorpsi untuk penyerap *wideband* ditunjukkan oleh Gambar 2.18



Gambar 2.18 Kurva Absorpsi Penyerap *Wideband* (Howard, 2009).

2.10 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

Bila v_c adalah volume komposit yang mengandung volume serat v_f dan volume matriks v_m , maka diperoleh Persamaan 2.6

$$v_c = v_f + v_m \dots\dots\dots(2.6)$$

Jika fraksi volume serat V_f , fraksi volume matriks V_m , maka didapatkan Persamaan 2.7

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \dots\dots\dots(2.7)$$

Bila w_c adalah berat komposit yang mengandung berat serat

w_f dan berat matriks w_m , maka diperoleh Persamaan 2.8

$$w_c = w_f + w_m \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika fraksi berat serat V_f , fraksi volume matriks V_m , maka didapatkan Persamaan 2.9

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} ; W_m = \frac{w_m}{w_c} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, ditunjukkan Persamaan 2.10, Persamaan 2.11 dan Persamaan 2.12.

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f \cdot v_f}{\rho_c \cdot v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \dots\dots\dots(2.10)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \dots\dots\dots(2.11)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \dots\dots\dots(2.12)$$

Densitas komposit ditentukan dari Persamaan 2.13, Persamaan 2.14, Persamaan 2.15 dan Persamaan 2.16.

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \dots\dots\dots(2.16)$$

2.11 Aplikasi Komposit

Komposit merupakan perpaduan antara dua komponen atau lebih yang membentuk suatu ikatan mekanik dan menghasilkan

sifat mekanik, fisik dan kimia yang lebih baik dari komponen penyusunnya. Aplikasi komposit sangat luas mulai dari bidang bangunan, otomotif, kosmetik, obat-obatan dan lain-lain. Komposit telah dipakai di industri pesawat terbang selama lebih dari 40 tahun. Dalam industri minyak dan gas aplikasi komposit sangat beragam macamnya. Misalnya pipeline yang terbuat dari komposit serat gelas atau komposit hibrid untuk mengalirkan aqueous fluid dan gas alam, rigid riser yang digunakan sebagai pengganti baja dalam membangun riser dibuat dari komposit serat gelas dan tension leg platforms yang dipancangkan ke dasar laut.

Biokomposit merupakan aplikasi komposit dalam bidang material yang *biodegradable* atau bahan yang dapat terurai di lingkungan. Dalam bidang struktur dan bangunan komposit dapat dibuat menjadi genteng yang ramah lingkungan atau lantai yang kekuatan mekaniknya sangat baik.

Aplikasi komposit berpenguat serat juga sangat baik dalam hal peredam suara. Tak heran jika pengembangan material akustik sangat gencar baik pada bidang otomotif sebagai *dashboard* dan konstruksi sebagai panel. Selain sebagai material peredam suara, komposit berpenguat serat memiliki potensi sebagai material anti radar. Menurut Farid dan Aditya (2017), serat TKKS yang dicampur dengan BaM dapat menyerap gelombang absorpsi elektromagnetik tertinggi terdapat pada komposit SiR+10% BaM sebesar 36,3 dB pada frekuensi 9,38 GHz.

2.12 Dashboard

Untuk melestarikan SDA dan menghemat energi, pengurangan berat terlah menjadi fokus utama perancang dan produsen mobil. Penurunan berat bodi dapat dicapai terutama oleh penelitian bahan yang lebih baik, optimasi desain dan proses manufaktur. Oleh karena itu, material komposit diimplementasikan pada bagian struktural kendaraan seperti dashboard, atap, lantai bumper depan dan belakang. Dashboard adalah salah satu bagian mobil yang perlu diperhatikan yang

terletak pada interior mobil bagian depan. Pada dashboard sendiri biasanya terdapat beberapa fungsi seperti laci, radio/tape, AC dan instrumen kontrol pada mobil. Instrumen tersebut berupa indikator-indikator kendaraan seperti speedometer, tachometer, petunjuk BBM, petunjuk suhu mesin, petunjuk oli dan pengisian aki, indikator handbrake, engine check, indikator sein, hazard dan lampu (beam). Indikator-indikator tersebut sangat penting fungsinya bagi pengemudi dalam menjalankan kendaraannya demi keselamatan.

Salah satu cara untuk meningkatkan kenyamanan pada mobil adalah dengan lapisan dashboard. Biasanya lapisan dashboard dibuat dari busa *polyurethane* dengan lapisan permukaan yang terbuat dari *polyvinyl chloride* (PVC) atau polimer yang lainnya.

Di industri manufaktur, perencanaan produksi suatu benda sangat diperlukan untuk memperkirakan faktor keamanan dan kualitas suatu benda. Salah satunya dengan uji Impak dengan mendapatkan nilai ketika benda dikenai suatu beban kejut guna menunjang data perencanaan produksi suatu benda. Menurut standar ISO 157-1:2000 dashboard dengan material ABS High Impact, dashboard memiliki nilai kekuatan impak senilai 13,48 KJ/m². Apabila nilai harga impak material yang diuji pada penelitian ini melebihi standar, maka dinyatakan material ini telah memenuhi standar. Menurut standar dashboard memiliki nilai daya serap air maksimum sebesar 19,48% (Venkatesh dkk, 2016). Apabila nilai daya serap air material pada penelitian ini dibawah nilai tersebut, maka dapat dinyatakan material ini telah memenuhi standar.

2.13 Penelitian Terdahulu

Telah banyak penelitian dan pengujian mengenai aplikasi komposit dengan menggunakan serat alam sebagai filler dalam material peredam suara. Penggunaan serat alam untuk *filler* komposit telah digunakan oleh Farid dkk (2017). Menurut Farid

dan Subban, semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti material itu bagus tergantung pada kegunaannya. Nilai koefisien absorpsi suara mengalami peningkatan secara signifikan pada frekuensi 125 Hz pada komposit berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material komposit poliester berpenguat serat bambu dengan variasi panjang serat.

Komposisi serat dan matriks pada saat pembuatan komposit juga sangat berpengaruh pada hasil nilai koefisien absorpsi suara. Komposit polypropylen berpenguat bambu betung-rami dengan komposisi fraksi masa 5%bambu-15% rami memiliki nilai α sebesar 0,42 pada frekuensi 2500 Hz, nilai α ini lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan fraksi masa 10% Bambu-10%rami dan 15%bambu-15%rami (Farid dan Hizkia, 2016)

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

Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu

| Nama Peneliti | Serat dan Matriks | Hasil Pengujian | |
|--------------------------------|--|--|-------------------|
| | | Uji Absorpsi Suara | Uji Sifat Mekanik |
| Farid, Hosta, dan Vania (2015) | Polymer reinforced natural fiber (ramie or bamboo fiber) | Pada frekuensi 125 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,836 Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,537 polyester | |

| | | | |
|---------------------------|--|---|---|
| | | berpenguat serat bamboo Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,973 pada polyester berpenguat serat bamboo | |
| Suban dan Farid (2015) | Serat ampas tebu dengan matriks gypsum | Pada frekuensi 500 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,665 Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,132 Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,090 Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,110 | Pada uji lentur didapatkan nilai rata rata sebesar 1,73 Mpa Pada uji tekan didapatkan nilai rata rata sebesar 1,74 Mpa |
| Herianto dan Farid (2013) | Serat rami dengan matriks poliester | Nilai koefisien absorpsi suara mencapai 99% atau 0,993 pada frekuensi 1225 Hz dengan aspek rasio 42 | |
| Textile Research | <i>Non Woven fibre and</i> | -Pada frekuensi 700 Hz, nilai | |

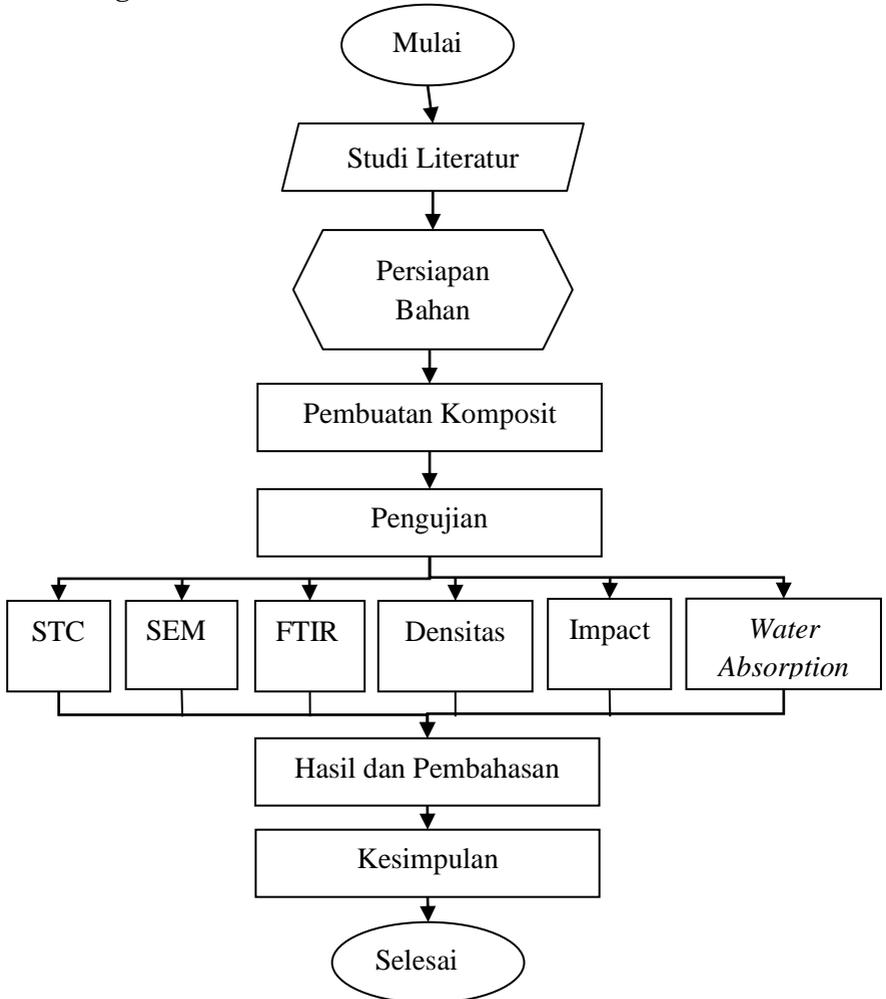
| | | | |
|------------------------------------|---|--|--|
| Journal (D.V.Parikh, 2006) | <i>polypropylene or polyethylene</i> | rata rata α sebesar 0,65 -Pada frekuensi 1200 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,53 -Pada frekuensi 2200 Hz, nilai rata rata α sebesar 0,27 | |
| Farid dan Hizkia Eben (2016) | Serat Bambu betung- rami matriks polypropilen | komposisi fraksi masa 5% bambu-15% rami memiliki nilai α sebesar 0,42 pada frekuensi 2500 Hz | |
| Irawan dan Syam | Sabut kelapa matriks gypsum | Pada frekuensi 500 Hz didapatkan nilai transmission loss 17 dB | |
| Aljabir dan Farid (2018) | Nanoselulose dan fiber glass matriks poliester | Penambahan ketebalan pada komposit meningkatkan STC sebanyak 2 tingkat dari 20-25 menjadi 30-35 | |

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

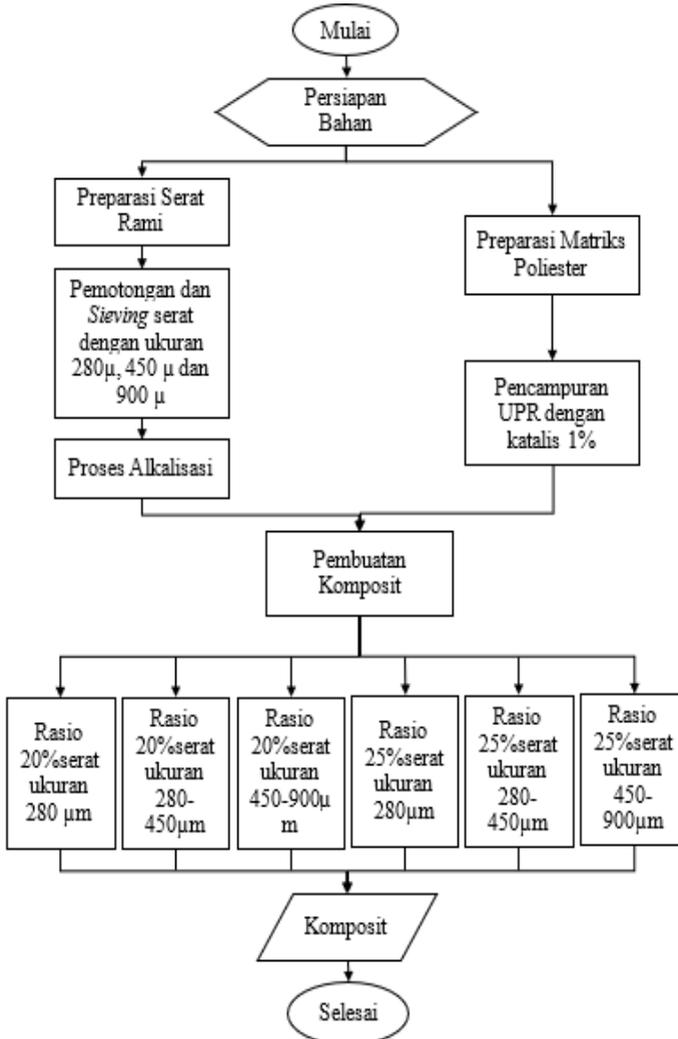
3.1 Diagram Alir

3.1.1 Diagram Alir Penelitian



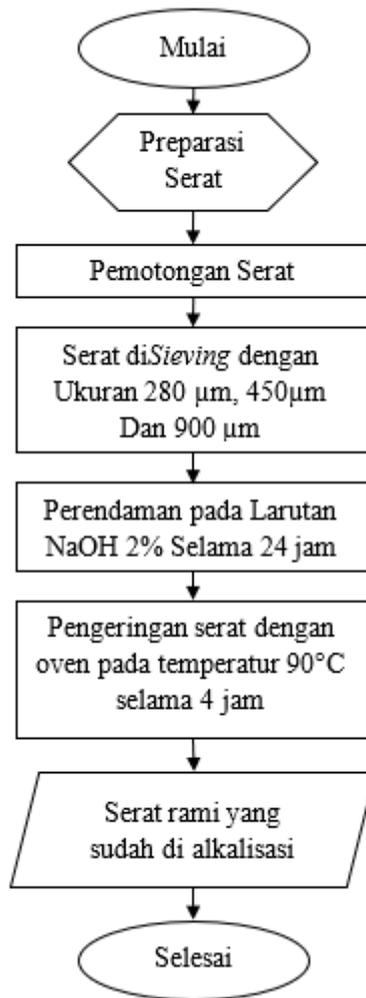
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1.2 Diagram Alir Pembuatan Komposit



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Komposit

3.1.3 Diagram Alir Proses Alkalisasi



Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Alkalisasi

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Serat Rami
Serat rami didapatkan dari tanaman rami yang diambil seratnya dan pada penelitian ini berperan sebagai *filler* komposit. Serat rami didapatkan dari jual beli yang mana produsennya di daerah Yogyakarta.
2. Poliester
Poliester merupakan bahan polimer yang berperan sebagai matriks pada penelitian ini dalam pembuatan komposit berpenguat serat rami. Poliester type ortho YUKALAK 157 BTQN didapatkan di PT Justus.
3. NaOH
NaOH digunakan dalam penelitian ini untuk proses penghilangan lignin dalam serat rami pada proses delignifikasi. NaOH didapatkan di UD. SIP.
4. Aquades
Aquades digunakan untukn campuran larutan alkalisasi dalam proses delignifikasi dan digunakan dalam pengujian water absorbability. Aquades didapatkan di UD. SIP.
5. Katalis metil peroksida
Katalis digunakan untuk proses *curing* pada saat pembuatan komposit. Katalis didapatkan dari PT Justus

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Cetakan
Gambar 3.4 menunjukkan cetakan pembuatan spesimen yang digunakan. Bahan yang digunakan sebagai cetakan yaitu kayu untuk uji SEM dan Uji Mekanik (a). Sedangkan untuk pengujian absorpsi suara dapat ditunjukan pada gambar (b)



(a)



(b)

Gambar 3. 4 Cetakan Spesimen (dok. pribadi)

2. Timbangan Digital

Gambar 3.5 menunjukkan timbangan yang digunakan untuk menimbang massa dari bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan



Gambar 3. 5 Timbangan Digital(dok. pribadi)

3. Mesin Uji SEM

Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS, yang dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Mesin SEM (dok. pribadi)

4. Mesin Uji FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS, yang dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3. 7 Mesin FTIR (dok. pribadi)

5. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan serat rami setelah proses delignifikasi dan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.

6. Mesin Uji *Sound Transmission Class*

Mesin uji koefisien absorpsi suara yang digunakan dalam penelitian ini adalah milik Laboratorium Instrumen Teknik Fisika FTI ITS. Alat yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Alat Uji Sound Transmission Class (dok. pribadi)

7. Alat Uji *Impact*

Alat uji *impact* yang digunakan milik Laboratorium Pengolahan bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Alat uji *impact* ditunjukkan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Alat Uji Impact (dok. pribadi)

8. Alat pengayak *Sieving*

Alat *Sieving* yang digunakan untuk menyaring serat ramu agar memiliki ukuran serat yang seragam. Alat *sieving* milik Laboratorium Fisika Material Teknik Material ITS Surabaya seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Alat Sieving (dok. pribadi)

3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian dengan variabel komposisi serat 20% serat dan 25% serat dan variasi

ukuran serat 280 , 280-450 dan 450-900 μm . Adapun variabel penelitian dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

| Komposisi Matriks Dengan Panjang Serat | Pengujian | | | | | |
|--|-----------|------|----------------|----------|-----------------|--------|
| | SEM | FTIR | Absorpsi Suara | Densitas | Water Absorptio | Impact |
| Serat Rami | V | V | | | | |
| 20% serat ukuran 280 μm | | | V | V | V | V |
| 20% serat ukuran 280-450 μm | V | V | V | V | V | V |
| 20% serat ukuran 450-900 μm | | | V | V | V | V |
| 25% serat ukuran 280 μm | V | V | V | V | V | V |
| 25% serat ukuran 280-450 μm | | | V | V | V | V |
| 25% serat ukuran 450-900 μm | | | V | V | V | V |

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan penelitian memerlukan persiapan bahan yang baik dan benar. Persiapan bahan dapat memengaruhi analisis pada produk komposit dimana persiapan yang baik akan menghasilkan spesimen sesuai dengan yang diinginkan.

3.4.2 Preparasi Serat Rami (delignifikasi)

1. Memotong serat rami menjadi dengan ukuran yang pendek ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Pemotongan Serat (dok. pribadi)

2. Mengayak serat dengan alat *sieving* dengan ukuran *sieving* 280 , 450 dan 900 μm . Hasil ayakan ditunjukkan Gambar 3.12



Gambar 3.12 Hasil sieving (dok. pribadi)

3. Merendam serat rami yang sudah dipotong kedalam larutan NaOH 2% selama 24 jam ditunjukkan Gambar 3.13



Gambar 3.13 Perendaman serat dengan larutan NaOH (dok. pribadi)

4. Membilas serat yang sudah direndam dengan aquades

5. Mengeringkan serat yang sudah dicuci dengan aquades di dalam oven dengan temperatur 90°C selama 4 jam ditunjukkan Gambar 3.14



Gambar 3.14 Pengeringan Serat Menggunakan Oven (dok. pribadi)

6. Menimbang massa serat dengan komposisi serat 20 % dan 25% dengan komposisi matriks 80% dan 75% menyesuaikan

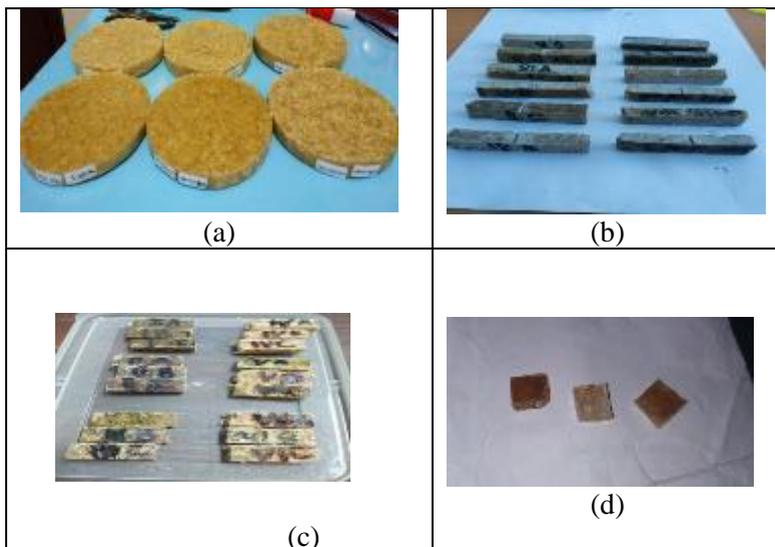
3.4.3 Preparasi Matriks Poliester

1. Menimbang massa poliester dengan fraksi volume 75% dan 80%
2. Mencampur bahan matriks dengan katalis Mekpo

3.4.4 Pembuatan Komposit

Material yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komposit dengan bahan dasar poliester komersial yang didapatkan dari PT Justus Kimia sebagai matriks, sedangkan penguat adalah serat rami yang diperoleh dari petani Yogyakarta. Metode pembuatan dari komposit poliester berpenguat serat rami adalah *hand lay up*. Cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari lembaran seng berdiameter 100mm dan tinggi 10mm. Cetakan spesimen uji mekanik impact terbuat dari kayu dengan dimensi panjang 63,5mm, tinggi 10mm dan lebar 10mm. Cetakan dibungkus dengan aluminium foil agar resin poliester yang berbentuk cair tidak meresap ke cetakan dan juga mudah untuk dilepas. Preparasi serat dimulai dengan pemotongan serat menjadi

kecil-kecil. Kemudian serat di *sieving* dengan tiga variasi ukuran, yakni 280 μm , 450 μm dan 900 μm . Kemudian serat diproses alkalisasi dengan perendaman di dalam larutan NaOH 2% (b/v) selama 24 jam dalam temperatur kamar. Kemudian dijemur pada temperatur kamar selama 3 jam. Lalu serat disaring dan dicuci dengan aquades selanjutnya dikeringkan dengan oven pada temperatur 90°C selama 4 jam. (Permatasari dkk, 2015). Variasi bahan yang digunakan adalah variasi fraksi volume dengan perbandingan serat 20% dan 25% dengan ukuran serat sesuai dengan ukuran ayak 280, 450 dan 900 μm . Setelah itu poliester dicampur dan dicetak dengan cetakan setiap uji dengan penambahan katalis metil peroksida 1% untuk proses *curing*. Spesimen uji ditunjukkan oleh Gambar 3.15



Gambar 3. 15 Spesimen uji (a) STC (b) Impact (c) Densitas dan Water Absorption (d) SEM dan FTIR (dok. pribadi)

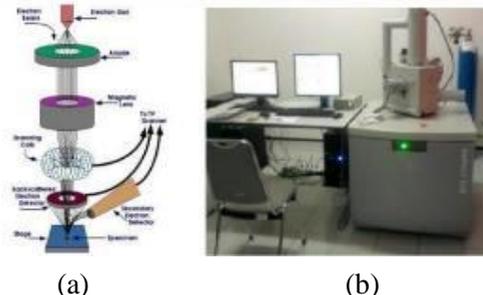
3.5 Pengujian

3.5.1 *Scanning Electron Microscopy (SEM) dan EDX*

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* akan diperlihatkan morfologi dari serat rami sebelum alkalisasi dan sesudah alkalisasi serta komposit. Dengan perbesaran berukuran μ bahkan nano. Proses pengambilan gambar morfologi serat rami sebelum dan sesudah alkalisasi dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material FTI-ITS serta komposit poliester penguat serat rami dilakukan di laboratorium sentral mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pada pengujian SEM ini untuk serat rami dalam bentuk serat kecil-kecil dan dicoating dengan lapisan AuPd sedangkan untuk komposit dibuat dengan dimensi 10mm x 10mm x 10mm tanpa dilapisi dengan coating AuPd. Setelah itu spesimen dimasukkan ke dalam alat uji SEM untuk diambil gambar dengan ditembakkan elektron dalam ruang *vacum chamber*. *Scanning Electron Microscopy (SEM)* merupakan mikroskop yang memanfaatkan pancaran elektron berenergi tinggi untuk memeriksa objek dalam skala yang sangat kecil. Pengamatan ini memberikan informasi mengenai topografi (jenis permukaan objek), morfologi (bentuk dan ukuran partikel), komposisi (unsur dan senyawa beserta jumlah relatif masing-masing) menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-Ray analysis*). SEM digunakan untuk menguji topografi dan morfologi dari semua sample.

Prinsip kerja SEM yaitu berkas elektron yang dihasilkan oleh electron gun menyapu permukaan sampel. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel, maka akan dihasilkan secondary electron (SE), elektron ini masuk ke dalam detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang menghasilkan gambar pada layar monitor. Sinyal keluaran dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Hasil yang ditampilkan dengan *secondary electron* ini adalah topografi permukaan sampel. Sedangkan untuk mengamati fasa-fasa, dilakukan dengan

backscattered electron (BE). BE memberikan perbedaan kehitaman gambar berdasarkan nomor atom (Z) dari unsur-unsur fasa yang ada pada sampel. Bahan dengan nomor atom yang besar, akan tampak lebih terang dibanding bahan dengan nomor atom yang lebih kecil. Skema pengujian SEM ditunjukkan Gambar 3.16.



(a) (b)
Gambar 3.16 a. Mekanisme Alat Kerja SEM b. Scanning Electron Microscopy (SEM) Jeol JSM- 7001F Inspect S50

3.5.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Spektrofotometri Infra Red atau Infra Merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75–1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} dengan menggunakan suatu alat yaitu Spektrofotometer Infra Merah. Metode ini banyak digunakan pada laboratorium analisis industri dan laboratorium riset karena dapat memberikan informasi yang berguna untuk analisis kualitatif dan kuantitatif, serta membantu penerapan rumus bangun suatu senyawa. Alat Uji FTIR terdapat pada Gambar 3.17



Gambar 3. 17 Alat Uji FTIR

Sinar inframerah mempunyai panjang gelombang yang terletak pada daerah $2,5-15,0 \times 10^{-6}$ meter. Satuan sederhana untuk menyatakan spektrum di daerah ini yaitu mikron (μ). Satu mikron sama dengan 10^{-6} , sehingga selang spektroskopi inframerah ialah $2,5-15,0 \mu$. Tetapi biasanya untuk menjelaskan spektrum inframerah digunakan satuan frekuensi berupa jumlah gelombang yang dilambangkan dengan ν . Jumlah gelombang merupakan jumlah gelombang per centimeter atau merupakan kebalikan panjang gelombang yang dinyatakan dalam cm (Hart, 1990).

Selang frekuensi inframerah sama dengan energi sebesar 2-12 kkal/mol. Jumlah energi sebesar ini cukup untuk mengeksitasi ikatan kovalen dari satu keadaan vibrasi ke keadaan vibrasi lain. Sehingga pada alat FTIR (Spektrofotometer *Fourier Transformed Infra Red*) dapat digunakan untuk menentukan jenis ikatan yang ada pada suatu molekul yang pada prinsipnya merupakan interaksi antara energi cahaya dengan materi. Bila suatu molekul menyerap sinar infra merah, maka di dalam molekul tersebut akan terjadi perubahan tingkat energi vibrasi dan perubahan energi rotasi. Jenis vibrasi molekul ada dua yaitu vibrasi ulur dan vibrasi tekuk. Vibrasi ulur merupakan pergerakan sepanjang sumbu ikatan sehingga jarak antar atom menjadi bertambah atau berkurang, sedangkan vibrasi tekuk merupakan pergerakan atom yang mengakibatkan perubahan sudut ikatan (Hart, 1990).

3.5.3 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standar ASTM D2395. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi air. Perhitungannya adalah dengan Persamaan 3.1.

$$\rho = \frac{ms}{(mg-mk)} \times \rho \text{ air} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

- ρ = massa jenis komposit (gr/cm³)
- ms = masa spesimen, kering (gr)
- mg = massa spesimen, saat tercelup dalam air (gr)
- mk = massa benang (gr)
- $\rho \text{ air}$ = 1 gr/cm³

Dalam proses pengujiannya spesimen ditimbang terlebih dahulu. Kemudian spesimen dimasukkan kedalam gelas yang berisi aquades dan diletakkan di atas timbangan dengan posisi digantung menggunakan benang agar tidak menyentuh dasar gelas. Penimbangan spesimen dilakukan pada temperatur ruangan ditunjukkan oleh Gambar 3.18

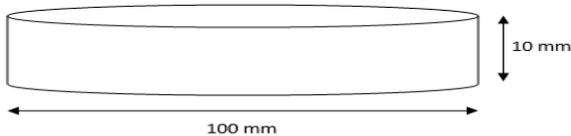


Gambar 3.18 Proses Pengujian Densitas

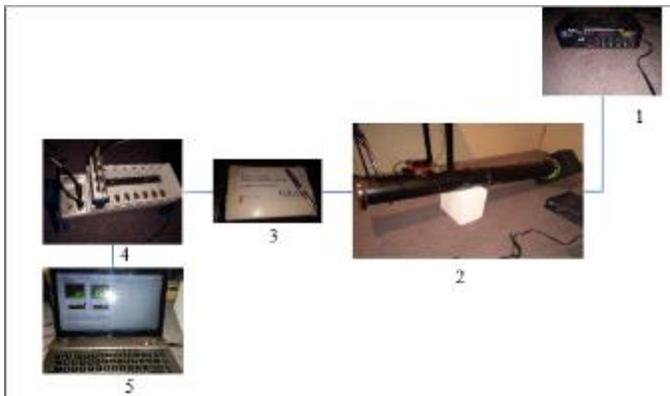
3.5.4 Pengujian *Sound Transmission Class*

Peralatan yang digunakan untuk mengukur nilai *transmission loss* suara adalah tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E413. Pengujian dilakukan di

Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100 mm dan tinggi 10 mm seperti pada Gambar 3.19 :



Gambar 3.19 Dimensi Spesimen Uji STC



Gambar 3.20 Rangkaian Alat Uji STC

Gambar 3.20 merupakan rangkaian alat uji STC. Untuk menentukan besarnya penyekatan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal *sound transmission class* yang dilakukan dari pengukuran TL. Preparasi pengujian STC dimulai dengan Spesimen uji berbentuk tabung dengan diameter 10 cm dimasukkan ke dalam tabung impedansi dengan posisi melintang. Mikrofon dipasang pada sebelum dan sesudah spesimen guna berfungsi sebagai sensor suara. Kemudian *amplifier* dihubungkan 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. Lalu ketika gelombang mencapai spesimen, maka gelombang akan diserap oleh spesimen uji sebagian akan ditransmisikan yang kemudian ditangkap oleh mikrofon 2 yang diletakkan setelah spesimen. 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. Nilai tersebut merupakan selisih antara *sound insulation contour* (dB) yang datang dengan yang diteruskan oleh sampel. *Deficiency* adalah perbandingan selisih antara *sound insulation contour* dengan TL pada pengukuran. Untuk menentukan nilai STC diproses dengan *software* matlab yang digunakan acuan tabel *Sound insulation contour* yang mana nilai dari *deficiency* tidak boleh lebih dari 8 dB dan ketika dijumlahkan semua nilai kurang dari 32 dB.

3.5.5 Pengujian *Water Absorption*

Pengujian *water absorption* digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu material akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika material tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama 24 jam. Standar yang digunakan adalah ASTM D570. Persamaan 3.2 digunakan untuk menghitung nilai *water absorption*

$$\text{Water Absorption} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

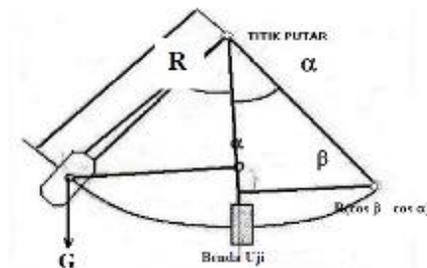
A = berat basah (gram)

B = berat kering (gram)

Proses pengujian nilai *water absorption* mengacu pada ASTM D570 dimana dalam prosesnya spesimen direndam terlebih dahulu di dalam akuades selama 24 jam kemudian ditimbang untuk mengetahui berat basah dari spesimen yang ada. Setelah itu spesimen dilap menggunakan kain bagian permukaannya hingga kering dan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Kemudian data yang ada dimasukkan ke persamaan diatas untuk mengetahui nilai *Water absorption*-nya.

3.5.6 Pengujian *Impact*

Pengujian *impact* untuk komposit dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisis liat atau getas benda uji. Uji *impact* ini membutuhkan tenaga untuk mematahkan benda uji dengan sekali pukul, alat pukul yang digunakan berupa sebuah palu dengan berat tertentu yang dijatuhkan dengan cara dilepaskan dari sudut 150° (α) dan sisi pisau pada palu mengenai benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran 10×10 mm, panjang 55 mm dan takikan 2 mm serta sudut takik 45° karena pukulan tersebut benda uji akan patah, kemudian palu akan berayun kembali membentuk sudut (β) dan hasil dari keliatan benda uji. Prinsip pengujian *impact* dapat dilihat pada Gambar 3.21



Gambar 3.21 Prinsip Uji *Impact*

Untuk mengetahui nilai *impact* pada suatu komposit poliester berpenguat serat rami dengan Persamaan 3.3.

$$E = Pd [(cos\beta - cos\alpha) - (cos\alpha' - cos\alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right)] \dots(3.3)$$

Keterangan :

Pd = *Measured pendulum moment* Nm (Constant)

α = *Measured pendulum rising angle* (constant)

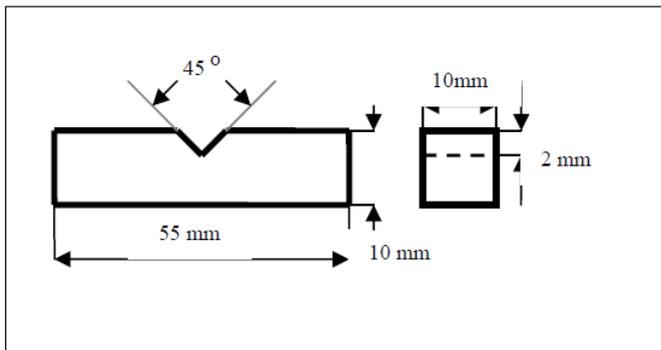
α' = *The reverse side rising angle after the pendulum energy impact*

β = *The reverse side rising angle after the spesimen reptured*

Kemudian untuk menentukan nilai *impact*, nilai dari energi dibagi dengan luas area di bawah takik, sesuai dengan Persamaan 3.4.

$$\text{Harga Impact} = \frac{E}{A} \dots\dots\dots(3.4)$$

Adapun spesimen uji *impact* dibentuk sesuai dengan ASTM A370 dengan standar pengujian adalah Charpy. Dimensi spesimen uji *impact* sesuai dengan standart ditunjukkan Gambar 3.22



Gambar 3.22 Spesimen Uji Impact

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

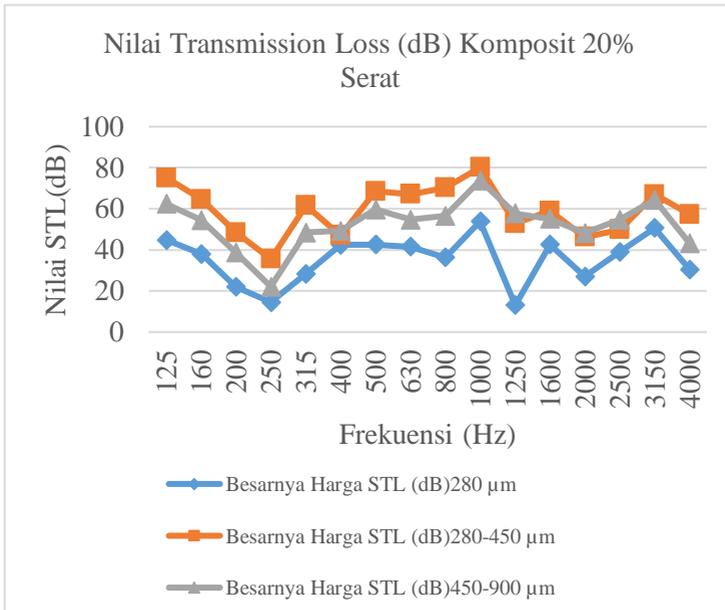
4.1 Pengujian *Sound Transmission Loss*

Pengujian *Sound Transmission Loss* bertujuan untuk mendapatkan nilai STC. Nilai STC didapatkan berdasarkan standar ASTM E413-16 tentang *Classification for Rating Sound Insulation*. Hasil dari pengujian STL ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Pengaruh Ukuran Serat dan Komposisi Komposit Terhadap Nilai Transmission Loss

| Frekuensi (Hz) | Nilai STL (dB) | | | | | |
|-------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 20% serat | | | 25% serat | | |
| | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm |
| 125 | 44,87 | 75,03 | 62,37 | 58,37 | 48,43 | 40,1 |
| 160 | 38 | 64,6 | 54,4 | 50,07 | 41,47 | 33,83 |
| 200 | 22,03 | 48,4 | 38,67 | 35,2 | 24,4 | 15,47 |
| 250 | 14,5 | 35,53 | 22,13 | 20,83 | 14,63 | 12,93 |
| 315 | 28,4 | 61,67 | 48,43 | 41,37 | 32,13 | 21,43 |
| 400 | 42,47 | 47,07 | 49,3 | 50,77 | 42,9 | 32,33 |
| 500 | 42,6 | 68,5 | 59,63 | 53,37 | 45,1 | 35,14 |
| 630 | 41,57 | 67,1 | 54,77 | 49,77 | 41,63 | 32,23 |
| 800 | 36,27 | 70,2 | 56,6 | 45,2 | 37,77 | 26,6 |
| 1000 | 53,87 | 80,13 | 73,83 | 62,13 | 54,23 | 43,4 |
| 1250 | 13,07 | 52,9 | 57,7 | 26,03 | 26,5 | 14,85 |
| 1600 | 42,6 | 58,9 | 55,17 | 62,93 | 45,53 | 35,93 |
| 2000 | 27,07 | 46,3 | 48,2 | 40,57 | 35,33 | 31,47 |
| 2500 | 39,07 | 49,9 | 54,77 | 51,27 | 48 | 36,1 |
| 3150 | 50,73 | 67 | 64,43 | 67,07 | 64,03 | 40,83 |
| 4000 | 30,47 | 57,33 | 43,27 | 59,2 | 50,6 | 27,4 |

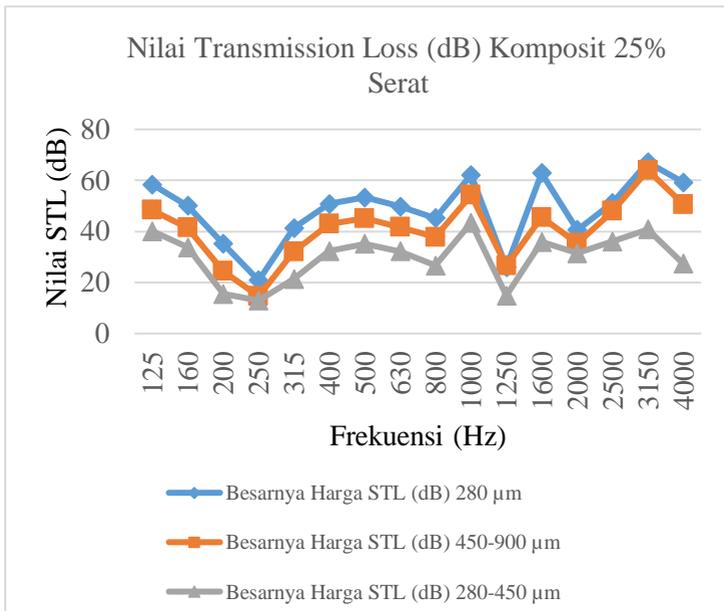
Pada Tabel 4.1 hasil pengujian STC menunjukkan karakteristik kemampuan *transmission loss* material komposit poliester berpenguat serat rami.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Serat pada Komposisi 20% Serat Terhadap Nilai STL

Gambar 4.1 menunjukkan nilai dari STL komposisi 20% serat rentang frekuensi 125-4000 Hz. Jika dilihat pada frekuensi di bawah 1000 Hz terjadi penurunan nilai STL secara signifikan pada frekuensi 125-250 Hz. Dengan penurunan terendah mencapai 14,5 dB pada ukuran serat 280 μm . Sedangkan ukuran 280-450 μm penurunan hingga 35,53 dB dan ukuran 450-900 μm penurunan nilai STL mencapai 22,13 dB. Frekuensi di bawah 1000 Hz komposit epoxy berpenguat *hollow silica nanotubes* adanya pola yang menurun. (Shi, 2017). Pada frekuensi sedang dari frekuensi

1000 - 4000 Hz nilai STL memiliki pola yang berbeda. Nilai STL turun pada frekuensi 1250 Hz pada ukuran serat 280 μm hingga 13,07 dB. Secara umum pada grafik tersebut serat dengan ukuran 280 μm memiliki nilai STL yang paling rendah. Kemudian pada ukuran serat 280-450 μm memiliki nilai STL tertinggi dan nilai STL akan turun pada ukuran serat 450-900 μm .



Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Variasi Serat pada Komposisi 25% serat Terhadap Nilai STL

Gambar 4.2 menunjukkan nilai *transmission loss* pada komposisi 25% serat. Pada grafik tersebut memiliki pola yang sama untuk ketiga spesimen. Pada frekuensi 125, 1000, 1600 dan 3150 Hz merupakan frekuensi puncak dimana memiliki nilai STL yang tinggi. Bila dilihat pada frekuensi di bawah 1000 Hz nilai STL memiliki pola yang menurun pada frekuensi 125-250 Hz.

Kemudian nilai STL naik hingga frekuensi 1000 Hz. Sedangkan pada frekuensi sedang antara 1000-4000 Hz pola mengalami naik turun secara acak. Secara umum ukuran serat 280 μ m memiliki nilai STL lebih besar di setiap frekuensi daripada ukuran serat 280-450 μ m dan ukuran serat 450-900 μ m. Pada orientasi serat yang acak, permukaan serat yang berukuran lebih kecil maka luas permukaan juga semakin besar. Dengan ukuran yang lebih kecil tersebut serat akan lebih merata terdispersi pada matriks. Sehingga permukaan serat semakin luas. Menurut Shatkin (2014) semakin luas permukaan dari partikel atau serat yang terkena maka akan semakin baik dalam penyerapannya.

Hasil pengujian STL dari keenam spesimen memiliki pola naik turun secara acak, hal ini dikarenakan setiap frekuensi memiliki ciri khas masing-masing dalam mengurangi energi suara. Menurut Sumoro (2007) pengurangan energi suara tiap frekuensi bersifat logaritmik sehingga tidak selalu berbanding lurus dengan yang lain dan menyebabkan grafik tidak linier. Selain itu hal yang menyebabkan naik turunnya adalah tipe material absorptif yang diklasifikasikan menjadi material berpori, penyerap panel dan resonator berongga. (Doelle, 1993)

Frekuensi di bawah 1500 Hz cocok untuk aplikasi otomotif karena pada frekuensi tersebut dapat mengurangi kebisingan yang bersumber dari angin, ban, jalan, percakapan dan mesin (Zou dkk, 2014). Penelitian oleh Siano (2017) mengenai kualitas suara pada interior mobil bermesin diesel menghasilkan intensitas mencapai 80dB yang dapat dirasakan pada bagian dalam mobil pada frekuensi 350 Hz ke bawah. Jika dikorelasikan dengan nilai STL, komposit dengan komposisi 20% serat nilai maksimum STL pada frekuensi dibawah 350 Hz mencapai 61,67 dB pada ukuran 280-450 μ m, maka suara mesin yang ditransmisikan akan mempunyai intensitas berkisar diatas 20dB. Sehingga dapat dikatakan bahwa material komposit ini efisien di frekuensi bawah. Pada komposit

dengan komposisi 25% serat nilai STL pada frekuensi di bawah 350 Hz nilai STL berkisar antara 40-58 dB pada frekuensi 125 Hz sehingga suara mesin yang bisa ditransmisikan sekitar diatas 20dB.

Besarnya nilai *sound transmission loss* diakibatkan oleh serat rami sebagai filler terdispersi ke dalam matriks dan mengisi rongga-rongga yang ada pada matriks. Pada penelitian ini komposisi 20% serat memiliki nilai STL yang lebih besar daripada komposisi 25% serat. Sesuai dengan penelitian Koruk dan Genc (2019) menjelaskan bahwa nilai dari *transmission loss* akan meningkat seiring meningkatnya fraksi volume dari matriks dalam struktur komposit. Permukaan dari serat akan meningkatkan suara yang mengenai material terserap dan diubah menjadi energi kinetik oleh setiap permukaan partikel yang terkena energi suara. Senyawa yang tersisa setelah proses alkalisasi yang ada pada serat rami dapat membentuk suatu lapisan tebal yang menyebabkan bunyi yang dipantulkan semakin tinggi (Chen dkk, 2010) Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *Sound transmisson loss* antara lain massa jenis, ketebalan material, porositas (Parthraj dkk,2014). Semakin banyak adanya *porous* dalam suatu material, maka semakin baik nilai akustiknya. Begitu pula jika *porous* semakin mengecil kemampuan menyerap suara akan semakin besar. Pada nilai STC di mana semakin kecil *porous* maka suara yang ditahan semakin banyak. *Porous* juga dapat mengakibatkan timbulnya konsentrasi tegangan yang akan menyebabkan turunnya kekuatan dari material komposit (Irwan dkk , 2013). Ketebalan suatu material juga berpengaruh terhadap nilai dari STL. Karena semakin meningkat ketebalan komposit maka akan semakin banyak lapisan kasar antar fasa yang terbentuk sehingga semakin sulit gelombang suara yang melintasi partikel atau komposit. Ketika energi suara yang melewati komposit berkurang dan lebih kecil dari jumlah sumber energi suara, maka nilai STC meningkat (Xuejun Shi, 2017) Semakin besar diameter dari serat maka semakin kecil nilai STL

karena pengecilan diameter dapat meningkatkan *porous* dan area kontak dengan udara sehingga menunjukkan disipasi energi suara. (Cao dkk, 2018). Dengan banyaknya *porous* akan menyebabkan suara yang lolos semakin banyak.

Setelah mengetahui nilai STL, maka nilai STC bisa didapatkan dengan berdasarkan ASTM E-413. Nilai STC untuk keenam spesimen ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Nilai STC Tiap Variasi Komposisi dan Ukuran Serat

| Frekuensi (Hz) | Nilai STC | | | | | |
|-------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 20% serat | | | 25% serat | | |
| | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm |
| STC | 17 | 48 | 36 | 30 | 29 | 18 |

Menurut ASTM E413 semua sampel uji dihasilkan nilai STC yang berbeda. Pada komposisi 20% serat nilai STC tertinggi pada ukuran serat 280-450 μm sebesar 48 dan jika dikategorikan STC masuk rentang 40-50. Itu berarti sangat bagus dengan suara terdengar lemah. Pada ukuran serat 280 μm dan 450-900 μm didapatkan nilai STC 17 dan STC 36. Sedangkan pada komposisi 25% serat nilai STC tertinggi pada ukuran serat 280 μm dengan semakin besar ukuran nilai STC menurun secara konstan. Dengan nilai berturut-turut STC 30, STC 29 dan STC 18. Menurut Tri dan Farid (2013) ukuran serat 0,25 cm memberikan nilai koefisien absorpsi suara yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran serat 1 cm dan 1,5 cm pada frekuensi rendah. Adapun nilai STC yang baik adalah 30-60 dalam pengaplikasian material akustik pada bangunan

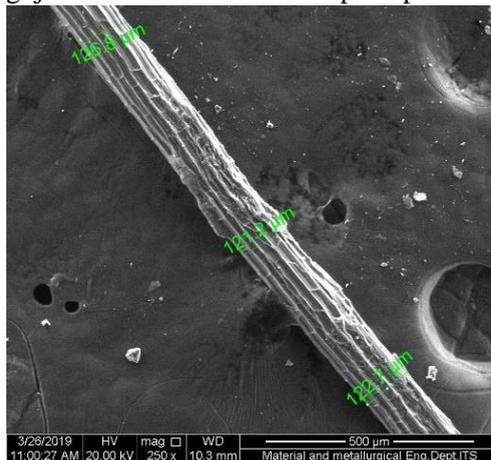
Jika diaplikasikan sebagai dashboard mobil, akan sangat membantu dalam mengurangi suara yang dihasilkan mesin. Menurut PerMen LH no.07 untuk standarisasi batas kebisingan

kendaraan bermotor, untuk kendaraan dibawah 2 Ton batas kebisingan adalah 81 dB dan untuk dashboard yang telah diujikan memiliki tingkat pengurangan suara hingga 30 pada frekuensi rendah. Dalam kategori nilai STC komposit poliester berpenguat serat rami termasuk dalam kategori sedang. Dapat disimpulkan bahwa pengaruh dashboard cukup signifikan dalam pengurangan suara kebisingan pada kendaraan bermotor.

4.2 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

4.2.1 Hasil Uji SEM Serat Rami

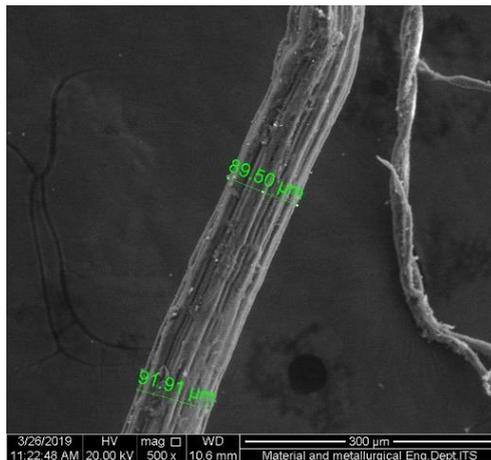
Pengujian SEM pada serat dilakukan untuk melihat perbedaan morfologi serat rami sebelum dan sesudah perlakuan alkalisasi. Pengujian SEM serat dilakukan pada perbesaran 250x.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM Serat Rami Sebelum Alkalisasi Perbesaran 250x

Gambar 4.3 merupakan gambar hasil pengujian SEM untuk serat sebelum perlakuan alkalisasi dengan skala 500 μm . Pada gambar tersebut dapat dilihat adanya sebuah perekat yang membungkus seluruh permukaan serat. Pembungkus tersebut

mempunyai kandungan lapisan lilin, substansi lemak dan pengotor pada serat (Shentramaraikannan, 2018). Adapun dapat dilihat ukuran diameter serat rami sebelum perlakuan alkalisasi berkisar antara 121-126 μm . Serat rami memiliki sifat tidak suka air (hidrofobik) sehingga diperlukan proses alkalisasi agar menghilangkan lapisan pembungkus serat agar berubah menjadi hidrofilik.



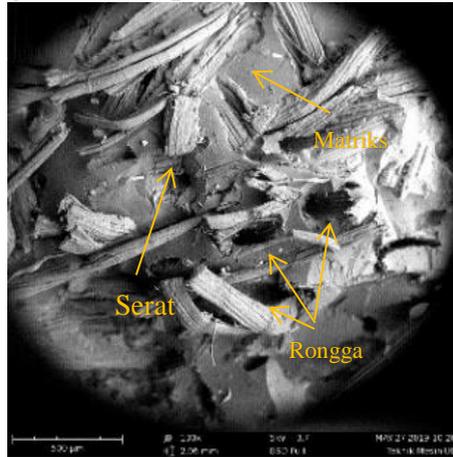
Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM Serat Rami Setelah Alkalisasi Perbesaran 250 x

Gambar 4.4 adalah hasil pengujian SEM serat rami setelah perlakuan alkalisasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat pembungkus yang menutupi serat terdegradasi akibat proses alkalisasi yang mana lignin dirusak pada bagian kristalin dan amorf. Dengan semakin banyaknya persentase NaOH maka semakin banyak permukaan yang rusak. Serat dapat terurai dengan mudah menjadi serat tunggal disebabkan kandungan lignin sebagian perekat antar serat berkurang. Peningkatan kekasaran permukaan serat terjadi akibat pengikisan dan kerusakan oleh

NaOH larutan alkali 2% pada temperatur 70°C selama 2,5 jam. (Syafri dkk, 2015). Pada gambar di atas dapat dilihat pengurangan diameter serat menjadi 89-91 μ m. Pengurangan diameter pada serat alam setelah proses alkalisasi juga didapatkan pada penelitian Shanmugasundaram (2018), dimana proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH 15% pada serat palem pinang menyebabkan pengurangan diameter serat dari 285-330 μ m menjadi 210-265 μ m. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Negawo dkk (2019) bahwa proses alkalisasi dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat dan mengurangi ukuran lumen karena pembengkakan serat. Dengan proses alkalisasi larutan NaOH 2% pada serat bambu menggunakan metode Kappa kadar lignin sisa sebanyak 9,014% dengan kadar lignin terurai 1,27% (Permatasari dkk, 2015). Perlakuan alkalisasi pada permukaan serat dapat meningkatkan *mechanical interlocking* antara serat dan matriks sehingga menghasilkan ikatan antarmuka yang kuat antara serat dan matriks (Yan, 2015)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dihadjo (2005), perlakuan alkali (5% NaOH) serat kenaf dapat membersihkan lapisan lilin pada permukaan serat sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* antara serat dengan matriks poliester. Selain itu, morfologi permukaan serat ensete dengan perlakuan alkalisasi menunjukkan bahwa pektin, lignin dan hemiselulosa dihilangkan sehingga menyebabkan fibrilasi dan pemecahan bundel serat menjadi fibril dasar (Negawo, 2019)

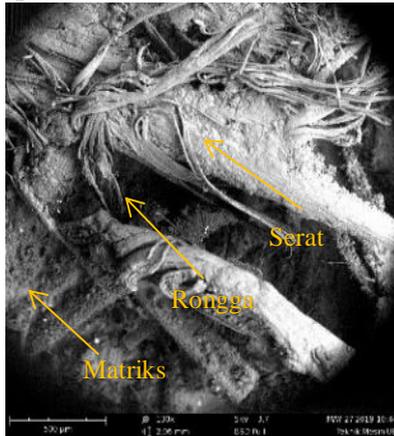
4.2.2 Hasil Uji SEM Komposit



Gambar 4.5 Hasil SEM Komposit dengan Komposisi 20% Serat dengan Ukuran Serat 280-450 µm Perbesaran 130x

Gambar 4.5 menunjukkan hasil uji SEM morfologi komposit poliester berpenguat serat rami pada komposisi 20% serat dengan ukuran serat 280-450 µm perbesaran 130x. Pada perbesaran tersebut terdapat rongga-rongga yang terlihat banyak dan menyebar merata. Rongga tersebut terbentuk karena serat yang menggumpal ketika bercampur dengan matriks sehingga terjadinya aglomerasi antar matriks dan filler. Penelitian oleh Syafri dkk (2018) menjelaskan bahwa terjadinya aglomerasi tersebut disebabkan karena pencampuran antara matriks dan filler yang tidak bercampur dengan baik. Proses alkalisasi serat mampu meningkatkan kekuatan adesi *interface* antara serat dan matriks dengan cara memudahkan resin untuk meresap ke dalam bundel dan fibril serat, sehingga menghasilkan kontak yang lebih baik dan meningkatkan area kontak antara serat dan poliester (Negawo, 2019).

Berdasarkan hasil pengujian SEM pada komposisi tersebut terdapat banyak rongga yang berukuran kecil-kecil dan tersebar merata pada komposit.



Gambar 4. 6 Hasil SEM Komposit dengan Komposisi 25% serat dengan Ukuran Serat 280 μm Perbesaran 130x

Gambar 4.6 menunjukkan morfologi komposit poliester berpenguat serat rami pada komposisi 25% serat dengan ukuran serat 280 μm perbesaran 130x. Terlihat pada perbesaran tersebut terdapat rongga yang sedikit dengan ukuran yang besar. Hal ini disebabkan karena perbandingan komposisi matriks yang lebih sedikit daripada seratnya sehingga penggumpalan (aglomerasi) akan memungkinkan terjadi dengan mengakibatkan terbentuknya rongga dengan ukuran besar. Dengan ukuran rongga yang besar tersebut maka nilai STL yang dihasilkan akan kecil nilainya. Hal itu dikarenakan suara yang lolos atau diteruskan ketika terkena material komposit tersebut melalui rongga-rongga.

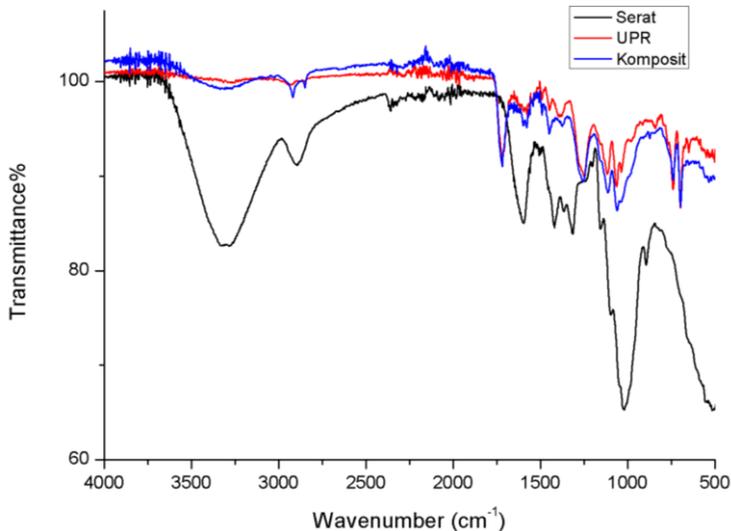
4.3 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Analisa FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan kimia yang ada pada serat rami sebelum dan sesudah perlakuan alkalisasi.

Selain itu pengujian ini dilakukan pada komposit yang memiliki nilai STC tertinggi pada tiap variabel komposisi serat. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI ITS. Tiap sampel dipreparasi dan diuji untuk menentukan *peaknya* dan dilakukan analisis agar dapat diidentifikasi gugus fungsi dari masing-masing material.

4.3.1 Hasil Uji FTIR Serat Rami, UPR dan Komposit

Hasil pengujian FTIR untuk serat rami, UPR dan komposit dapat dilihat pada Gambar 4.7 di bawah ini.



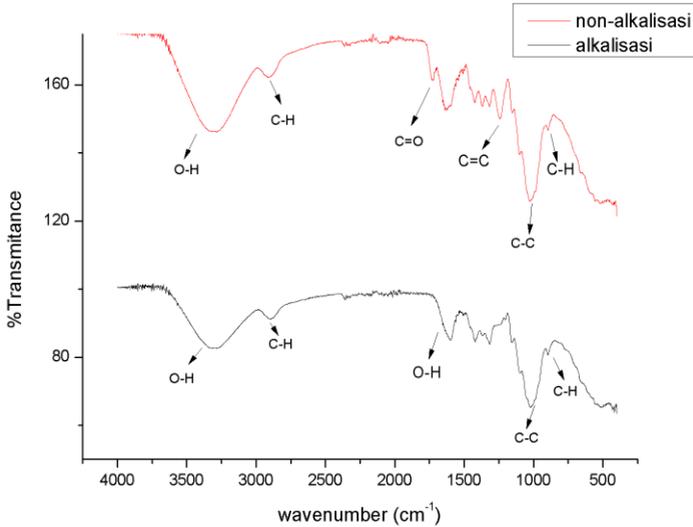
Gambar 4.7 Hasil FTIR Serat, UPR dan Komposit

Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah *Unsaturated Polyester Resin*

| Daerah Serapan (cm^{-1}) | Ikatan & Jenis Gugus Fungsi |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 2923.82 | C-H <i>stretching</i> |
| 1966.16 | C=C <i>stretching</i> |
| 1718.80 | C=O <i>stretching</i> |
| 1577.72 | C=O <i>stretching</i> |
| 1545.63 | C=C <i>stretching</i> |
| 1448.85 | C-H deformasi |
| 1389.13 | O-H deformasi |
| 1116.26 | C-O <i>stretching</i> |
| 1064.96 | C-O <i>stretching</i> |
| 740.86 | C-H deformasi cincin benzene |
| 698.70 | C-H deformasi |

Tabel 4.3 menunjukkan daerah serapan *unsaturated polyester resin*, puncak serapan 2923.82 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami peregangan. Terdapat ikatan C=C yang mengalami peregangan pada puncak serapan 1966.16, 1545.63, dan $1491,38 \text{ cm}^{-1}$. Daerah serapan antara $1577.72 - 1718.80 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C=O yang mengalami peregangan. Daerah serapan 1448.85 cm^{-1} , dan 698.70 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami deformasi. Puncak serapan 1389.13 cm^{-1} adalah ikatan O-H yang mengalami deformasi. Terjadi peregangan C-O pada daerah serapan 1064.96, 1116.26, dan 1250.27 cm^{-1} . Puncak serapan 740.86 cm^{-1} menunjukkan deformasi C-H cincin benzene (Mistry, 2009).

4.3.2 Hasil Uji FTIR Serat Rami



Gambar 4. 8 Hasil FTIR Serat Rami Sebelum dan Sesudah Alkalisasi

Uji FTIR pada serat rami dengan perlakuan alkalisasi untuk mengetahui ikatan kimia yang terkandung dalam serat setelah sebelum proses alkalisasi. Perlakuan alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam serat. Lignin sendiri mempengaruhi ikatan serat dengan matriks pada pencampuran yang menyebabkan terbentuknya *interface* yang buruk. Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan grafik *peak* pada serat rami sebelum dan sesudah alkalisasi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa ada *peak* yang hilang karena proses alkalisasi.

Tabel 4. 4 Daerah Serapan Infrared Sebelum dan sesudah Perlakuan Alkalisasi

| Sampel | Wavenumber (cm ⁻¹) | Jenis Ikatan |
|---|--------------------------------|--|
| Serat Rami sebelum perlakuan alkalisasi | 3284,66 | O-H <i>stretching</i> |
| | 2915,03 | C-H <i>stretching</i> |
| | 1725,16 | C=O <i>stretching</i> |
| | 1420,54 | C-H ₂ <i>symetric bending</i> |
| | 1369,38 | C-H deformasi |
| | 1317,01 | CH ₂ <i>rocking</i> |
| | 1241,14 | C=C |
| | 1026,44 | C-C |
| Serat rami setelah perlakuan alkalisasi | 3284,24 | O-H <i>stretching</i> |
| | 2892,82 | C-H <i>stretching</i> |
| | 1596,77 | O-H Deformasi |
| | 1420,01 | C-H ₂ <i>symetric bending</i> |
| | 1316,17 | CH ₂ <i>rocking</i> |
| | 895,17 | C-H <i>stretching</i> |

Tabel 4.4 menunjukkan daerah serapan serat rami sebelum dan sesudah perlakuan alkalisasi, puncak serapan 3284,66 dan 3284,24 cm⁻¹ merupakan daerah peregangan O-H. Pada puncak 2915,03 dan 2892,24 cm⁻¹ adalah daerah C-H *asymetric methyl* yang mengalami peregangan. Daerah resapan 1420,54 cm⁻¹, 1420,01 cm⁻¹ menunjukkan ikatan CH₂ *symetric bending* dari selulosa yang tetap ada meskipun dengan perlakuan alkalisasi dan dapat meningkatkan nilai dari mekaniknya (Negawo, 2019). Daerah serapan 895,17 cm⁻¹ menunjukkan ikatan C-H yang mengalami deformasi dalam selulosa (Pradana, 2017). Daerah resapan 1317,01 cm⁻¹ dan 1316,17 cm⁻¹ adalah ikatan CH₂ yang mengalami *rocking* selulosa.

Pada serat sebelum perlakuan alkalisasi daerah serapan antara 1725,16 – 1636,85 cm⁻¹ menunjukkan ikatan C=O karboksil

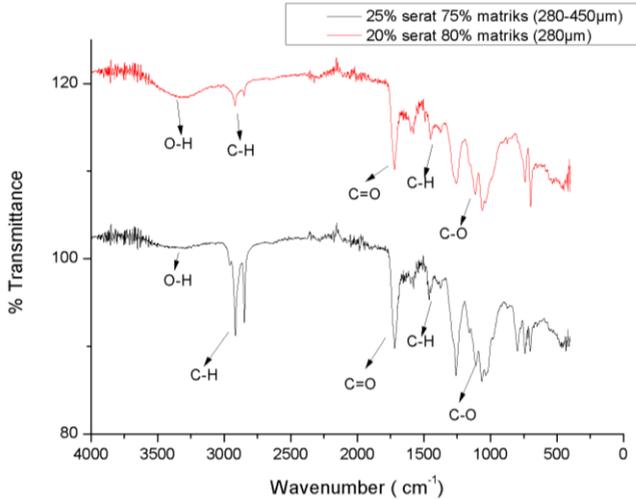
pada hemiselulosa mengalami peregangan. Puncak $1369,38 \text{ cm}^{-1}$ merupakan C-H deformasi yang menunjukkan ikatan yang dimiliki oleh lignin. (Negawo,2019). Sedangkan ikatan C=C daerah serapan $1241,14 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan cincin benzena karakteristik dari lignin (Han,2015). Lignin ditunjukkan oleh adanya *peak* pada rentang $1200\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$ dengan gugus aromatik C=C. Daerah resapan $1740, 1630, 1050$ dan 620 cm^{-1} adalah ikatan C=O, C-O dan C-H *stretching* terkait dengan aliphatic, aromatic dan asam dari serat lignin dan lilin (Simonassi dkk, 2017)

Pada serat setelah alkalisasi tidak ditemukan puncak $1369,38 \text{ cm}^{-1}$ dan $1241,4 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini disebabkan oleh perlakuan alkalisasi yang dapat menghilangkan lignin dalam serat. Ikatan O-H pada daerah serapan $1596,77 \text{ cm}^{-1}$ mengalami deformasi karena adanya penyerapan air pada selulosa. Pada daerah $1725,16 \text{ cm}^{-1}$ tidak ditemukan pada serat setelah alkalisasi. Karena selain menghilangkan lignin, alkalisasi juga dapat memutus ikatan dari hemiselulosa (Negawo,2019). Daerah resapan $1026,44 \text{ cm}^{-1}$ dan $1020,65 \text{ cm}^{-1}$ merupakan ikatan C-O yang mengalami peregangan yang dimiliki selulosa (Ozgenç, 2017)

Semakin banyak perlakuan terhadap filler, menyebabkan meningkatnya konsentrasi dan menghilangnya beberapa ikatan (Rahmasita dkk, 2107) Perlakuan alkalisasi juga mengurangi ikatan hidrogen karena gugus hidroksil bereaksi dengan NaOH. Hal ini menyebabkan meningkatnya konsentrasi O-H jika dibandingkan dengan serat sebelum perlakuan (Lojewska, 2004)

4.3.3 Hasil Uji FTIR Komposit

Hasil uji FTIR dari komposit yang memiliki nilai STL dan STC tertinggi ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Tabel 4.5 di mana pada komposisi 20% serat nilai STC terbaik pada ukuran $280\text{-}450 \mu\text{m}$ sedangkan variasi komposisi 25% serat nilai terbaik pada ukuran $280\mu\text{m}$



Gambar 4. 9 Hasil FTIR Komposit

Tabel 4. 5 Daerah Serapan Komposit Poliester Serat *Rami*

| Sampel | Wavenumber (cm ⁻¹) | Jenis ikatan |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 25% serat ukuran 280-450 µm | 2915,71 | C-H <i>stretching</i> |
| | 1577,69 | C=C <i>Stretching</i> aromatik |
| | 1460,65 | CH ₂ <i>bending</i> |
| | 1449,11 | C-H deformasi |
| | 1375,54 | C-H deformasi |
| | 1258,88 | C-O <i>stretching</i> |
| | 1064,12 | C-O <i>Stretching</i> |
| | 740,94 | C-H <i>Stretching</i> aromatik |
| 20% serat ukuran 280µm | 3311,06 | O-H <i>stretching</i> |
| | 2918,36 | C-H <i>stretching</i> |
| | 1718,94 | C=O <i>stretching</i> |
| | 1542,03 | C=C <i>stretching</i> |
| | 1449,71 | C-H deformasi |
| | 1375,66 | C-H deformasi |
| | 1255,57 | C-O <i>stretching</i> |
| | 740,54 | C-H aromatik |

Tabel 4.5 menunjukkan daerah serapan komposit poliester berpenguat serat rami. Pada komposit 25% serat ukuran serat 280 puncak serapan 2915,71 dan 1449,11 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami peregangan. Terdapat ikatan C=C yang mengalami peregangan pada daerah resapan 1577,69 cm^{-1} yang menunjukkan selulosa ditandai dengan pita vibrasi rangkap dua C aromatik. Daerah resapan 1718,54 cm^{-1} adalah ikatan C=O yang mengalami peregangan yang mana merupakan gugus ester. Puncak serapan 1460,69 cm^{-1} dan 1375,54 cm^{-1} menunjukkan ikatan CH_2 yang mengalami pelekukan. Sedangkan ikatan C-O ditunjukkan pada puncak serapan 1258,88 cm^{-1} ikatan C-O mengalami lekukan yang merupakan gugus dari ester dan 1064,12 cm^{-1} ikatan C-O mengalami peregangan yang merupakan senyawa dari selulosa.

Pada komposisi 20% serat pada serapan 3311,06 cm^{-1} merupakan ikatan O-H yang mewakili gugus fenol. Daerah resapan 2918,36 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami peregangan (Syafri dkk, 2018). Sedangkan ikatan C-H yang lain ditunjukkan pada puncak resapan 740,54 cm^{-1} C-H aromatik. Ikatan C=O mengalami peregangan pada puncak resapan 1718,94 cm^{-1} sedangkan ikatan C=C mengalami peregangan terdapat pada daerah resapan 1542,03 cm^{-1} . Pada daerah resapan 1255,57 cm^{-1} , menunjukkan ikatan C-O yang merupakan komponen dari poliester. Daerah resapan yang menunjukkan ikatan CH_2 mengalami pelekukan adalah 1449,71 cm^{-1} dan 1375,66 cm^{-1} .

Interaksi pada *interface* antara serat dan matriks disebabkan oleh gaya Van Der Waals, dengan kemungkinan terjadi ikatan hidrogen antara gugus OH pada permukaan rami dengan gugus C=O pada poliester (Simonassi dkk, 2016) Ada tiga faktor yang mempengaruhi ikatan pada *unsaturated polyester*, yakni: penjangkaran mekanik (*mechanical anchoring*), ikatan kimia antara serat alam dan resin dimana gugus hidroksil (-OH) pada rantai belakang resin (poliester tidak jenuh) menyediakan sebuah

daerah untuk mengadakan ikatan hidrogen terhadap serat alam yang mengandung banyak gugus hidroksil dalam struktur kimianya dan gaya molekular atraktif (gaya van der Waals dan ikatan hidrogen) (Ray, 2005), sehingga serat rami yang telah mengalami alkalisasi akan mempunyai ikatan yang lebih baik dari pada serat rami tanpa alkalisasi.

4.4 Pengujian Densitas

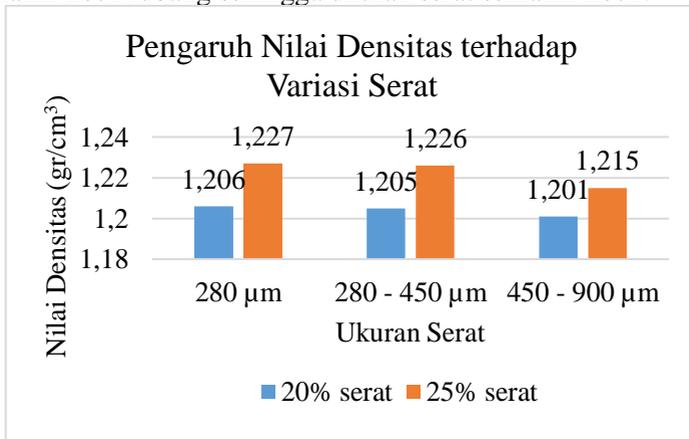
Pengujian densitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kerapatan suatu material. Karena semakin rapat material tersebut maka kekuatan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Adapun tujuan menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen untuk diketahui massa jenisnya. Hasil pengujian densitas dengan variasi komposisi dan ukuran serat pada komposit poliester berpenguat serat rami ditunjukkan oleh Tabel 4.6 berikut

Tabel 4. 6 Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Serat terhadap Nilai Densitas

| Spesimen | | Nilai densitas (gr/cm ³) | Densitas Teori (gr/cm ³) |
|-----------|------------|---|--|
| 20% serat | 280 μm | 1,206 | 1,26 |
| | 280-450 μm | 1,205 | |
| | 450-900 μm | 1,201 | |
| 25% serat | 280 μm | 1,227 | 1,275 |
| | 280-450 μm | 1,226 | |
| | 450-900 μm | 1,215 | |

Tabel 4.6 menunjukkan nilai densitas pada masing-masing variasi. Pada komposisi 20% serat dengan ukuran 280μm nilai densitas 1,206 g/cm³, ukuran 280-450μm nilai densitas sebesar 1,205 g/cm³ dan pada ukuran serat 450-900 μm sebesar 1,201 g/cm³. Sedangkan pada komposisi 25% serat nilai densitas di

ukuran serat 280 μm sebesar 1,227 gr/cm^3 , ukuran serat 280-450 μm nilai densitas sebesar 1,226 gr/cm^3 dan pada ukuran serat 450-900 μm nilai densitas sebesar 1,215 gr/cm^3 . Dapat disimpulkan bahwa nilai dari densitas akan mengalami penurunan seiring dengan besarnya ukuran serat. Hasil ini juga didapatkan pada penelitian Sunardi, (2017) bahwa nilai densitas pada ukuran mesh 80 lebih tinggi daripada ukuran mesh 18, 40 dan 60. Sehingga di mana semakin besar mesh filler maka densitasnya mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh sebaran serat yang lebih merata pada mesh yang besar. Semakin besar ukuran mesh maka semakin kecil lubang sehingga ukuran serat semakin kecil.



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Variasi Serat Terhadap Nilai Densitas Komposit Poliester Penguat Serat Rami

Data diatas menunjukkan bahwa ukuran serat tidak signifikan mempengaruhi massa jenis komposit. Hal ini sesuai dengan teori bahwa dengan komposisi bahan yang sama maka pencampuran antar bahan juga akan menghasilkan nilai densitas yang sama (Valcheva, 2015). Adapun penurunan nilai densitas pada penelitian ini dikarenakan aglomerasi (penggumpalan) yang terjadi pada komposit dengan ukuran serat yang lebih besar. Berdasarkan pengujian SEM terdapat rongga yang lebih besar pada

komposisi serat 25% serat dengan begitu kepadatan dari komposit akan berkurang.

Adapun nilai densitas secara teori pada komposisi serat 25% lebih tinggi daripada komposisi serat 20% karena massa jenis *filler* yang lebih besar daripada matriks sehingga didapatkan nilai densitas teori melalui perhitungan *rule of mixture*. Penelitian oleh Jamalullah (2018) menunjukkan bahwa penambahan % massa dalam komposit akan meningkatkan nilai densitasnya dimana dengan komposisi 15% eceng gondok memiliki nilai densitas tertinggi dibandingkan komposisi 5% dan 10% dengan matriks epoxy.

Perbedaan antara nilai densitas aktual dengan teoritis dipengaruhi karena adanya penyusutan pori kayu akibat temperatur tinggi saat reaksi eksotermis pada proses curing. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Boutelje dkk (1962) akibat pemanasan terjadi penyusutan volumetrik dinding sel dalam kayu awal *spruce* sebesar 26,5% dan dalam kayu akhir sebesar 29,5%. Dengan terjadinya kenaikan temperatur terjadi gaya penyusutan tambahan karena penyusutan volume naik oleh kehilangan zat akibat peruraian termal. Selain itu, juga dikarenakan adanya serat – serat yang tidak tercampur rata dengan matriks yang membentuk *porous* pada komposit sehingga menurunkan nilai densitas dari komposit (Heath, 2010). *Porous* dihasilkan dari proses aglomerasi serat dan matriks akibat pencampuran yang tidak sempurna. Aglomerasi disebabkan oleh ikatan van der Waals yang terjadi antar partikel dalam komposit (Othman, 2011)

Jika dikorelasikan dengan nilai STC maka diketahui bahwa peningkatan kepadatan sampel menyebabkan peningkatan penyerapan suara pada daerah frekuensi sedang dan tinggi.. Penelitian oleh Karlinasari dkk (2011) pada frekuensi 1000 Hz kerapatan 0,8 g/cm³ 11-16 dB pada material PWS, sementara untuk kerapatan 1 gr/cm³ nilai STL naik 17dB untuk. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kerapatan material komposit dimana semakin rapat suatu papan maka semakin tinggi nilai dari STLnya

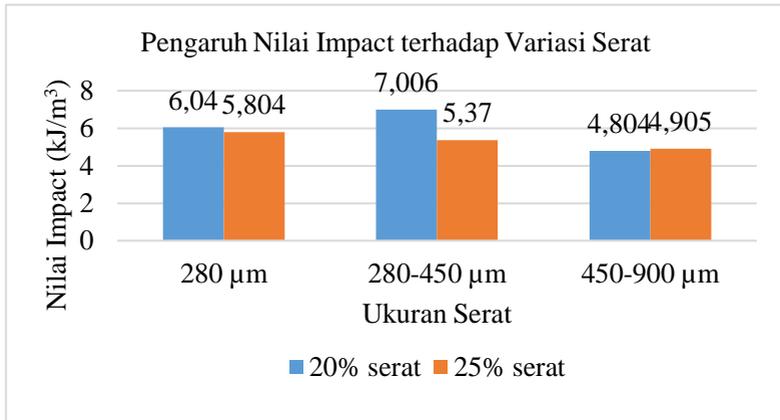
Berdasarkan pengujian FTIR, SEM dan Densitas yang telah didapat dan dibandingkan dengan data pengujian transmission loss bahwa nilai STL dan STC dari suatu material komposit berbanding lurus dengan nilai densitas pada komposisi yang sama. Kusuma (2012) menyebutkan bahwa panel akustik dengan massa jenis $0,8 \text{ g/cm}^3$ memiliki nilai STC dan STL yang lebih tinggi dari massa jenis $0,5 \text{ g/cm}^3$. Hal ini dikarenakan adanya rongga udara yang menyebabkan suara lolos atau diteruskan melalui material tersebut.

4.5 Pengujian Impact

Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik komposit poliester berpenguat serat rami terhadap beban kejut. Nilai impact pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Nilai Impact Tiap Variasi

| Spesimen | | Nilai Impact (kJ/m ²) |
|-----------|-----------------------|--------------------------------------|
| 20% serat | 280 μm | 6,04 |
| | 280-450 μm | 7,006 |
| | 450-900 μm | 4,804 |
| 25% serat | 280 μm | 5,804 |
| | 280-450 μm | 5,37 |
| | 450-900 μm | 4,905 |



Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Serat Terhadap Nilai Impact

Pada Gambar 4.11 menunjukkan pengaruh ukuran serat dan komposisi terhadap nilai impact. Pada komposisi 20% serat pada ukuran 280 µm memiliki nilai impact sebesar 6,04 kJ/m². Kemudian pada ukuran serat 280-450 µm nilai impact naik menjadi 7,006 kJ/m². Namun harga impact mengalami penurunan nilai pada ukuran serat yang lebih besar 450-900 µm dengan nilai 4,804 kJ/m². Hasil ini sesuai dengan penelitian Baharum (2018) yang mengatakan bahwa pada komposisi 20% serat memiliki nilai tertinggi pada ukuran 250µm dibandingkan dengan ukuran 120µm dan 500µm. Kenaikan pada 280-450µm kemungkinan disebabkan oleh interaksi permukaan serat-matriks yang efisien dalam menyerap *stress*. Sedangkan penurunan nilai impact disebabkan adanya aglomerasi pada komposit sehingga adanya rongga yang mengakibatkan tegangan yang seharusnya diterima komposit dibiarkan

Pada komposisi 25% serat memiliki harga impact tertinggi pada ukuran serat 280 µm dengan nilai 5,804 kJ/m². Kemudian pada ukuran serat 280-450 µm sebesar 5,37 kJ/m² dan ukuran serat

450-900 μm sebesar 4,905 kJ/m^2 . Dapat disimpulkan bahwa seiring dengan besarnya ukuran serat nilai impact mengalami penurunan. Hal ini dikuatkan penelitian yang dilakukan Baharum (2018) menyebutkan bahwa nilai impact pada serat mengkuang dengan komposisi 10% mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya ukuran serat. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Hassan dkk, (2008) yang menyebutkan bahwa nilai impact komposit berpenguat serat *oil palm empty fruit* mengalami penurunan nilai impact seiring meningkatnya ukuran serat. Hal ini disebabkan oleh ikatan adesi yang lemah dari ukuran serat yang besar akan menghalangi efisiensi tegangan yang ditransfer. Daulany (2014) menjelaskan bahwa semakin besar ukuran mesh maka nilai kekuatan bentur komposit semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran partikel maka akan lebih mudah terdistribusi secara merata ke seluruh bagian matriks dan akan membentuk daerah antar fasa yang lebih luas, sehingga transfer tegangan antara matriks dan pengisi dapat terjadi (Husseisyah. 2011) Faktor penurunan nilai impact juga disebabkan karena adanya agregasi pada komposit sehingga komposit tidak bisa menahan beban lebih (Syafri, dkk. 2018)

Ikatan yang baik antara matriks dan serat dapat ditandai dengan banyaknya *fiber break*, nilai ketangguhan impact dipengaruhi oleh volume serat yang digunakan (Herlina dkk, 2011). Dalam penelitian ini dengan penambahan komposisi serat, kekuatan impact komposit semakin turun. Hal ini disebabkan oleh jumlah matriks yang semakin menurun sehingga tidak dapat membasahi seluruh permukaan serat kemudian akan memicu pembentukan void di dalam komposit. (Daulay dkk, 2014). Hal ini menyebabkan kapasitas penyerapan *stress* ditimpakan ke serat saat pencampuran dalam matriks. Jamil dkk (2006) menjelaskan bahwa penurunan kekuatan impact dengan meningkatnya kadar serat.

Pengujian impact juga menunjukkan bahwa pada komposit poliester penguat serat rami terjadi mekanisme patahan *fiber pull out* di mana pada ujung patahan spesimen muncul ujung patahan

serat. Mekanisme pull out terjadi ketika ikatan antara resin matriks mengalami kegagalan karena beban kejut yang diberikan maka serat tidak dapat menanggung beban sehingga proses terjadinya patahan berlangsung secara bersamaan. (Saduk dan Niron, 2017)

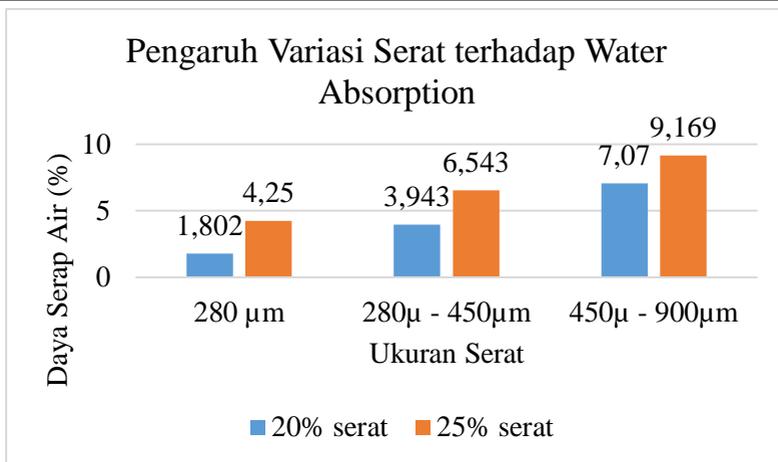
Menurut standar ISO 179-1:2000 material komposit poliester penguat serat rami pada penelitian ini belum memenuhi standar dashboard mobil penguat ABS dengan nilai $13,7 \text{ kJ/m}^2$. Adapun untuk meningkatkan nilai mekanik dari material komposit dapat ditambahkan additif seperti *coupling agent*.

4.6 Pengujian *Water absorption*

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan selisih antara berat basah dan kering dari spesimen dengan berat spesimen saat kering. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Materia ITS. Dari pengujian *water absorption* didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Hasil Uji *Water absorption* Komposit Poliester Berpenguat Serat Rami

| Spesimen | | Nilai <i>water absorption</i> (%) |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|
| 20% serat | 280 μm | 1,80 |
| | 280-450 μm | 3,94 |
| | 450-900 μm | 7,07 |
| 25% serat | 280 μm | 4,25 |
| | 280-450 μm | 6,54 |
| | 450-900 μm | 9,17 |



Gambar 4. 12 Pengaruh Variasi Serat terhadap *Water Absorption*

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat nilai rata-rata daya serap air pada tiap komposisi. Pada komposisi 20% serat memiliki nilai terendah pada ukuran serat 280 μm sebesar 1,802% dan mengalami kenaikan pada ukuran serat 280-450 μm dan 450-900 μm sebesar 3,943% dan 7,07%. Pada komposisi 25% serat nilai *water absorption* mengalami kenaikan secara signifikan dengan semakin besar ukuran serat semakin tinggi nilainya. Nilai tertinggi terdapat pada ukuran serat 450-900 μm sebesar 9,169% dan nilai terendah pada ukuran serat 280 μm sebesar 4,25%. Sedangkan pada ukuran serat 280-450 μm nilainya sebesar 6,543%. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya ukuran serat maka nilai *water absorption* semakin tinggi. Penelitian oleh Razak (2012) dimana ukuran *filler* komposit 322 μm mempunyai nilai *water absorption* lebih tinggi daripada ukuran 180, 250 dan 300 μm . Faktor yang menyebabkan itu adalah lemahnya ikatan antarmuka sehingga timbulnya rongga yang dapat menahan air. Rendahnya jumlah matriks poliester yang berimplikasi disebabkan

karena kurang terdistribusinya perekat pada seluruh permukaan serbuk dan membuka area kontak yang dapat diisi air saat perendaman. (Sijabat, 2013)

Penelitian oleh Ahad dkk (2018) menjelaskan bahwa penambahan komposisi serat dari 5% sampai 20% akan meningkatkan nilai dari *water absorption* komposit TPU berpenguat serat alam. Peningkatan nilai *water absorption* ini dikarenakan sifat dari serat alam yang memiliki sifat menyerap air yang baik (hidrofillik). Hal ini disebabkan karena gugus hidroksil pada selulosa membentuk ikatan hidrogen antara air dan serat (Munoz dan Manrique, 2015). Selain itu air dapat menyebabkan pembengkakan pada serat karena air mengisi celah antara fiber dan matriks. Faktor yang mempengaruhi nilai dari *water absorption* dari komposit penguat serat alam adalah higroskopis yang melekat dari serat alam yang dapat meningkatkan sifat hidrofilik komposit dan pembentukan rongga yang menahan air di antarmuka karena ketidakhomogenan antara serat dan matriks (Karoodi dan Rodrigue, 2013)

Berdasarkan pengujian densitas, ditunjukkan bahwa semakin kecil nilai densitas maka semakin besar nilai absorpsi air. Penelitian oleh Kusumah (2012) bahwa panel akustik massa jenis $0,5 \text{ g/cm}^3$ memiliki nilai *water absorption* yang tinggi daripada massa jenis $0,8 \text{ g/cm}^3$. Hal ini dikarenakan semakin rendah kerapatan material maka rongga yang dapat diisi oleh air semakin banyak.

Berdasarkan standar nilai dashboard yang didapatkan dalam penelitian terdahulu maka material komposit poliester berpenguat serat rami telah memenuhi standar dengan nilai maksimal 19,6% (Venkatesh, 2016)

Dari hasil pengujian mekanik dan sifat fisis yang telah dilakukan pada spesimen, dapat dilihat perbandingan hasil penelitian dengan standard dashboard pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 perbandingan hasil uji dengan standar dashboard

| Parameter | Standard dashboard | Variasi Serat | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | 20% serat | | | 25% serat | | |
| | | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm | 280 μm | 280- 450 μm | 450- 900 μm |
| Harga Impact (kJ/m^2) | 13,7 | O | O | O | O | O | O |
| Density (gr/cm^3) | >0,6 | V | V | V | V | V | V |
| <i>Water absorption</i> (%) | 19,6 | V | V | V | V | V | V |

Keterangan :

O : tidak memenuhi

V : memenuhi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang diuraikan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi ukuran serat terhadap nilai STC adalah semakin besar ukuran serat rami pada komposit maka akan semakin turun nilai STCnya ditunjukkan pada komposisi 25% Serat rami. sedangkan pada komposisi 20% serat nilai STC tertinggi didapatkan pada ukuran serat 280-450 μ m. Nilai STC pada komposisi 20% memiliki nilai STC yang lebih besar dibandingkan dengan komposisi 25%.
2. Pengaruh variasi ukuran serat dan komposisi terhadap sifat fisik dan mekanik dilakukan dengan uji, densitas, *water absorption* dan uji impact dengan hasil semakin besar ukuran serat maka semakin turun nilai densitas dan impact, sedangkan nilai dari *water absorption* semakin naik. Hasil uji SEM menunjukkan adanya *porous* yang ada pada komposit dan FTIR menunjukkan adanya ikatan pada komposit.
3. Komposit dengan nilai STC pada komposisi 20% serat nilai tertinggi pada ukuran 280-450 μ m dengan nilai STC 48 sedangkan pada komposisi 25% serat pada ukuran 280 μ m dengan nilai STC 30

5.2 Saran

Dari pembahasan dan kesimpulan yang didapatkan, maka penulis merekomendasikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penambahan *coupling agent* untuk memperbaiki campuran Poliester dan serat rami sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk *curing time* dari komposit untuk dipertimbangkan kekuatan dan efektivitasnya pada aplikasi material akustik otomotif

-
3. Penggunaan partikel *filler* dengan ukuran yang lebih kecil dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
 4. Diperlukan penelitian proses manufaktur komposit yang lebih cepat dan efisien dalam pembuatan spesimen maupun untuk produksi massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988. **Ilmu Biofisika (terjemahan; Redjani, Abdulbasir)**, Surabaya: Airlangga University.
- Adryani, Rotua. (2014). “Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh”. **Jurnal Teknik Kimia USU**, Vol. 3, No. 4, hal. 31-36
- Ahad, Nur Azwin. 2018. “Oils and Water Absorption Behavior of Natural Fibers Filled TPU Composites For Biomedical Application”. **Journal of engineering research and education** : Univesiti Malaysia Perlis
- Baharum, Azizah., Ahmad, I., Zakaria, N 2018. “Effect of Fiber Size and Fiber Loading on Mechanical Properties and Morphology of Thermoplastic Mengkuang Reinforced Natural Rubber and High Density Polyethylene Composites”. **Bioresources** vol 13 pg 2945-2959
- Boutelje, J. 1962. **The Relationship of Structure to Transverse Anisotropy in Wood with Reference to Shrinkage and Elasticity**. *Holzforschung*
- Bruel & Kjaer. 1986. **Noise Control Principles and Practices 2nd Edition**. Denmark: Naerum Offset.
- Callister D William, Rethwisch David G. 2009. **Material Science and Engineering An Introduction 8th Edition**. USA
- Cao, leitao., Fu, Qiuxia., Si, Yang., Ding, Bin., Yu, Jianyong. 2018. “Porous Materials for Sound Absorption”. **International Jurnal** vol 10 Pg. 25-35
- Chen, Dakai., Li, Jing., Ren, Jie. 2010. “Study of Sound Absorption Property of Ramie Fiber Reinforced PLA Composites : Morphology and Properties”. **Composites Part A Applied Science and Manufacturing** 41(8):1012-1018
- Daulay, syahrinal A., Wirathama, Fakhri., Halimatuddahlina. 2014. “Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Terhadap

-
- Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas”. **Jurnal teknik kimia USU**, Vol.3 no.3, 13-17
- Doelle, L.L. 1993. **Akustik Lingkungan**. Erlangga: Jakarta.
- Djalante, Susanti. (2010), “Analisis Tingkat Kebisingan di Jalan Raya yang Menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APIL)” **Jurnal SMARTek**, Vol. 8, No. 4, hal 280-300
- Eriningsih, Rifaida. 2014, “Pembuatan dan Karakteristik Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam” **Jurnal Balai Besar Tekstil Bandung**, Vol. 29, No.1, hal 2.
- E. Munoz., J.a. Garcia-Menrique. 2015. “Water Absorption Behavior and Its Effect on The Effect Mechanical Properties of Flax Fiber Reinforced Bioepoxy Composites”. **International journal of polymer science**, vol 2015. ID 390275, 2015.
- Farid, W.K. Hayu, (2006): “Effect of Wood Fibre Characteristics on Acoustic Properties of Wood/Polyester Compositers”. **Proceeding of the 9th International Conference on Quality in Research (QIR)**. Jakarta, Indonesia
- Farid, Mohammad., Ardhyananta, Hosta ., Pratiwi VM. 2015. “Correlation Between Frequency and Sound Absorption Coeffecient of Polymer Reinforced Natural Fibre”.**Advanced Material Research**. Vol. 1112. pg 329-332
- Farid, Moh., Rosyida, Afira. 2017. **Studi Bahan Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Nano Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit** Undergraduated Thesis : ITS Surabaya
- Gibson, R. F. 1984. **Principle of Composite Material Mechanics**. New York : Mc Graw Hill.
- Haezer, Hizkia Eben, Moh. Farid. 2016. **Analisa Sifat Akustik dan Morfologi Material Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Bambu dan Rami**. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
-

-
- Halliday, Resnick dan walker. 2010. **Fisika Dasar Edisi ke 7**. Jakarta Erlangga
- Han, Hongchang. 2015. **Study of Agro-Composite Hemp/Polypropylene: Treatment of Fibers, Morphological and Mechanical Characterization**. Prancis. Ecole Doctorale "Sciences et Technologies".
- Hassan, A., Salmea, A.A, Ani F.N., adn Bakar, A.A (2008). **A Riview on Oi; Palm Emprty Fruit Bunch Fiber - Reinforced Polymer Composite Material, Polymers and Polymer Compoites** 16, 101-113.
- Heath, L., Thielemans, W. 2010. **Cellulose Nanowhisker Aerogels. Green Chem.** Vol. 12, Pg 1448
- Heriyanto, Tri., Farid, Mohammad. 2013. "Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absroption Coefficient (RAC) of Polyester / Ramie Fibre Composite Material". **Advanced Material Research** Vol. 789. pg 269-273
- Herlina,Nasmi Sari, Zainuri A, Wahyu F. 2011. **Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Serat Pelepah Kelapa Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Polyester**.
- Hestiawan, Hendri, Jamasri dan Kusmono. (2017), **Pengaruh Penambahan Katalis terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester tak Jenuh**, Vol. 3, No.1, hal. 1-7.
- Howard, D. M., & Angus, J. A. (2009). **Acoustics And Psychoacoustic**. London: Focal Press.
- Husseinsyah S, Mostapha M. 2011. "The Effect od Filler Content on Properties of Coconout Shell Filled Polyester Composite". **Malaysian Polymer Journal** Vol.6, No.1 Pg 87-97
- J. Lojewska, P. Miskowiec, T. Lojewski, L. M. Proniewicz, "Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach" **Polymer Degradation and Stability** 88 (2005) 512-520
-

-
- Jamalullah, Tubagus A. 2018. **Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Kekuatan Komposit dari Serat Eceng Gondok dengan Penambahan Fiberglass dan Epoxy Resin.** Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jones M, Robert.1975. **Mechanics of Composite Materials.** Scripta Book Company
- Karlinasari, Lina., Hermawan, Dede., Maddu Akhiruddin., Martianto, Bagus. 2011. "Sifat Penyerapan dan Isolasi Suara Papan Wol Berkerapatan Sedang-Tinggi dari beberapa Kayu Cepat Tumbuh". **Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan** vol.4 pg 8-13
- Karodi AR., Kazemi Y., Rodrigue D. 2013. "Mechanical, Rheological, Morphological and Water Absorption of Meleated Polyethylene/Hemp Composite : Effect of Ground Rubber Addition". **Compos Part B** 2013;51:337-44
- Koruk, Hasan. Genc, Garip. 2019. **Acoustic nd Mechanical Properties of Luffa Fiber-Reinforced Biocomposite.** MEF University : Turkey
- Kumar, M. Surendra; Neeti Sharma; B.C. Ray. 2009. "Structural Integrity of Glass/Polyester Composites at Liquid Nitrogen Temperature". **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Vol. 28, 1297-1304.
- Kusumah, Elang S. 2012. **Pengujian Panel Akustik Papan Partikel Kayu Sengon.** Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Rijjswik, RV. 2001. **Natural Fibre Composites Structures and Materials.** *Laboratory of faculty of aerospace engineering delft university of technology.*
- M. Farid, dkk. 2018. "Nanocellulose Based on Polymer Composite for Acoustical Materials". **Conference Proceedings.** Vol. 1945. 020025
- M. Farid, dkk. 2017. "Improvement of Acoustical Characteristics : Wideband Bamboo Based Polymer Composite". **J. Materials Science and Engineering.** Vol.223, 011021
-

-
- Mallick, P.K. 2008. **Fiber Reinforced Polymer: Materials, Manufacturing, and Design**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
- Mazumdar, Sanjay K. 2012. **Composites Manufacturing : Materials, Product, and Process Engineering / Sanjay K. Mazumdar**. Boca Raton, Fla. :CRC Press. Print.
- Mediastika, E Christina. 2009. **Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan**. Yogyakarta.
- Miracle D.B, Donaldson S.L. 2001. **ASM Handbook Volume 21**. SBN: 978-0-87170-703-1
- Mistry, B.D. 2009. **A Handbook of Spectroscopic Data CHEMISTRY**. Jaipur: Oxford book company
- Mohanty, A., Misra, M., Hinrichsen,G. 2000. “Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites : an overview”. **Macromolecular Materials and Engineering** 276 (1) : 1-24
- Mukherjee, P.S., Satyanarayana, K.G., 1986. **Structure And Properties Of Some Vegetable Fibres**. *J. Mater. Sci.* 21, 51–56.
- Warnock A.C.C., MRTFC. 2018. **Understanding And Improving Sound Transmission Loss. Forest And Wood Products Research And Development Corporation**, Australia
- Negawo, A Tolera., Polat, yusuf., dkk, 2018. “Mechanical, Morphological, Structural and Dynamic Mechanical Properties of Alkali Treated Ensete Stem Fiber Reinforced Unsaturated Polyester Composites”. **International Journal**. Vol.207 Pg. 589-597
- Othman, S. H., Rashid, S. A., Ghazi, T. I., & Abdullah, N. (2012). “Dispersion and Stabilization of Photocatalytic TiO₂ Nanoparticles in Aqueous Suspension for Coatings Applications”. **Journal of Nanomaterials** , 1-11.
- Ozgenç, Ozlem. Durmaz, Sefa. Kustas, Suleyman. 2017. “Chemical Analysis of Tree Barks using ATR-FTIR
-

- Spectroscopy and Conventional Techniques. Turkey. "Tree bark analyses," **BioResources** 12(4), 9143-9151.
- Parthraj R. Puranik., Parmar, Rajnikant R.,, Piretsh R. Rana. 2014. "Nonwoven Acoustic Textile – A Review". **International journal of advanced research in engineering and technology**. Volume 5, 81-88
- Pérez, S., Samain, D., 2010. **Structure and Engineering of Celluloses**. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 64, 25–116.
- Peter, S. T. 2002. **Composite Materials and Processes**. In: **Harper, C. A. Ed. Handbook of Plastics, Elastomers, & Composites**. 4th ed. N. Y.: McGraw-Hill Companies, Inc
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 07 tahun 2009. Ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru. Jakarta
- Permatasari, Harry R., Gulo, Fakhili., Lesmini, Bety. 2014. **Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan Naoh terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (Gigamtochloapus)**. **Program Studi Pendidikan Kimia FKIP : Universitas Sriwijaya**.
- Pradana, Aditya., Farid, Moh., Ardhyananta, Hosta. 2017. **Analisa Morfologi, Absorpsi Suara, dan Absorpsi Gelombang Mikro Komposit Silicone Rubber Berpenguat Barium Heksaferrite Dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit**. Surabaya
- Purboputro, Pramuko, Hariyanto, Agus. 2017. "Analisis sifat tarik dan impak komposit serat rami dengan perlakuan alkali dalam waktu 2,4,6,dan 8 jam bermatrik poliester". **Jurnal Ilmiah Teknik Mesin**, vol.18 no.2 juli 2017 :64-75.
- Razak, NWA., Kalam,A. 2012. "Effect of OPEFB Size on The Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of OPEFB/Ppnanoclay/PP Hybrid Composites". **Procedia Engineering** 41 (2014). Pg 1593-1599
- Rahmasita., Muthia E., Farid, Moh., Ardhyananta, Hosta. 2017. **Rekayasa Komposit Poliester Berpenguat**

**Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit
Dengan Metode Spray untuk Aplikasi Penyerap Suara.**

Surabaya

- Ray, D., Rout, J., Thermoset Biocomposites, Dalam Mohanty, A.K., Misra, M., Drzal, L.T. 2005. **Natural Fibers, Biopolymers, And Biocomposites**. CRC Press : U .S. A..
- Sasongko, Dwi P dkk. 2000. **Kebisingan Lingkungan**. Semarang: Badan penerbit Universitas Diponegoro.
- Schwartz, M.M 1984. **Composite Materials Handbook**. New york : McGraw-Hill Inc.
- Senthamaraiannan, P., M. Kathiresan. 2018. "Characterization of raw and alkali treated new natural cellulosic fiber from coccinia grandis". **Carbohydrate polymers** 186 : 332-343
- Shatkin, Jo Anne., Wegner, Theodore H., Bilek, E.M. 2014. "Nanomarket Projections of Cellulose Nanomateria-Enabled Products-Part 1 : Appllication". **Tappi Jurnal, USA**.
- Shi, Xuejun., Wu, Jingyi., Wang, Xiaocn., Zhou, Xingping., Xie, Xiaolin., Xue, Zhigang. 2016. "Novel Sound Insulation Materials Based on Epoxy/Hollow Silica Nanotibes Composites". **Composites Part B**, doi : 10.1016/j.compositesb.2017.07.055.
- Siano, D., Panza, M A. 2017. "Sound Quality Analysisi of The Powertrain Booming Noise in a Diesel Pasenger Car". **Energy Procedia** 126 (201709) Pg 971-978
- Simonassir, Noan T., Pereira, Artur., Monteiro, Sergio N., dkk. 2017. "Reinforcement of Polyester with Renewable Ramie Fibers". **International Journal Material research** DOI : 10.1590/1980-5373-mr-2016-1046
- Suban, S L, Farid, Moh. 2015. "Pengaruh Panjang Serat terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit Serat Ampas Tebu dengan Matriks Gypsum". **Jurnal Teknik ITS** Vol. 4, No.1
-

-
- Sumoro H. 2007. **Sound Transmission Class and Transmission Loss**. < www.Hadisumoro.com > diakses pada 21 Maret 2019
- Sunardi., Moh, Fawaid., Lusiani, Rina., Parulian, Rumandang. 2017. “Pengaruh Butiran Filler Kayu Sengon Terhadap Karakteristik Papan Partikel yang Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit”. **Jurnal Mesin Teknologi** Volume 11 no. 1 pg 28-32
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya : ITS Press.
- Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y.S., Soenoko, R., 2014. “Morphology, Structure, and Mechanical Properties of Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*)”. **Journal Natural Fibers** 11. Pg 333-351
- Syafri, Edi., Kasim, Anwar 2018. “Synthesis And Characterization of Cellulose Nanofiber (CNF) Ramie Reinforced Cassava Starch Hybrid Composites”. **International Journal Of Biological Macromolecules**. S0141-8130(28)32420-6
- Syafri, Edi., Abral, Hairul., Kasim, Anwar., Asben, Alfi. 2015. **Pengaruh Chemical Treatment terhadap Sifat Fisik, Kandungan Selulosa dan Kekuatan Tarik Serat Alam Rami**. Vol 19 pg 18-24
- U.S. Department of Health and Human Services. 2016. **Certain Glass Wool Fibers (Inhalable)**, Maryland : National Institutes of Health.
- Varikh P D , Chen Y , dan Sun L. 2006. “Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber non Woven Floor Covering System”. **Textile Research Journal**. 76 : 813-820
- Valcheva, Liliana., Viktor S. 2015. “The Effect Of Thickness Of Medium Density Fiberboard Produced Of Hardwood Tree Species On Their Selected Physical And
-

-
- Mechanical Properties”. **Trans tech publication, Switzerland.**
- Venkatesh, R P., Ramanathan K., Srinivasa Raman V. 2016. “Tensile, Flexural, Impact and Water Absorption Properties of Natural Fiber Reinforced Polyester Hybrid Composite”. **FIBRE & TEXTILES in Eastern Europe** 2016. Vol 24, 3 (117) Pg 90-94.
- Wladyka-przybylak, Maria. 2010. **Natural Fiber Reinforced Polymer Composites.** Poland: Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants Poznań
- Wang, Chong., Parrett, Alan. 2011. **Damping Mass Effect on Panel Sound Transmission Loss.** SAE International
- Zhou, Nanting., Gengm Xueyan., Ye, Mingqi., Yao, Lan., Shan, Zhongde. 2014. “Mechanical and Sound Adsorption Properties of Cellular Poly (Lactic-Acid) Matrix Composites Reinforced with 3D ramie Fabric Woven with Co-wrappe Yarns”. **International Journal** vol 56 Pg 1-8

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran A

A. Perhitungan Kebutuhan Bahan

| Teori Densitas | |
|----------------|-----------------------------------|
| material` | massa jenis (gr/cm ³) |
| serat rami | 1,5 |
| poliester | 1,2 |
| katalis | 1,17 |

a. Perhitungan kebutuhan bahan komposit Spesimen Uji STC

Volume Spesimen = 78,6 cm³

| Komposisi | Fraksi Volume | | |
|----------------------|---------------|---------|---------|
| | Vf | Vm | Katalis |
| 20% serat | 20% | 80% | 1% |
| 25% serat | 25% | 75% | 1% |
| Volume Masing-Masing | | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 15,7 | 62,9 | 0,63 |
| 25% serat | 19,6 | 58,9 | 0,59 |
| Massa Masing-Masing | | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 23,57 | 75,4 | 0,74 |
| 25% serat | 29,46 | 70,7 | 0,69 |

b. Perhitungan kebutuhan bahan komposit Spesimen Uji Impact

Volume Spesimen = $6,35 \text{ cm}^3$

| Komposisi | FRAKSI VOLUME | | |
|-----------|----------------------|---------|-----------|
| | Vf | Vm | Katalis |
| 20% serat | 20% | 80% | 1% |
| 25% serat | 25% | 75% | 1% |
| | VOLUME MASING-MASING | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 1,27 | 5,08 | 0,0508 |
| 25% serat | 1,5875 | 4,76 | 0,0476 |
| | MASSA MASING-MASING | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 1,905 | 6,096 | 0,059436 |
| 25% serat | 2,38125 | 5,715 | 0,0572125 |

c. Perhitungan kebutuhan bahan komposit spesimen uji SEM

Volume Spesimen = 1 cm^3

| Komposisi | FRAKSI VOLUME | | |
|-----------|----------------------|---------|----------|
| | Vf | Vm | Katalis |
| 20% serat | 20% | 80% | 1% |
| 25% serat | 25% | 75% | 1% |
| | VOLUME MASING-MASING | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 0,2 | 0,8 | 0,008 |
| 25% serat | 0,25 | 0,75 | 0,0075 |
| | MASSA MASING-MASING | | |
| | Filler | Matriks | Katalis |
| 20% serat | 0,3 | 0,96 | 0,00936 |
| 25% serat | 0,375 | 0,9 | 0,008775 |

B. Perhitungan nilai STC

Untuk menentukan nilai *Sound Transmission Class* menurut ASTM E413 ada beberapa kondisi STC yang harus dipenuhi :

1. Nilai dari defisiensi tidak boleh lebih dari 8
 2. Total penjumlahan defisiensi tidak boleh lebih dari 32
- I. Spesimen dengan Komposisi 20% serat ukuran serat 280 μm

| FREKUENSI | STC Contour Adjustment | Transmission Loss | TL Contour Adjustment | Defisiensi |
|-----------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|------------|
| 125 | -16 | 44,87 | 1 | 0 |
| 160 | -13 | 38 | 4 | 0 |
| 200 | -10 | 22,03 | 7 | 0 |
| 250 | -7 | 14,5 | 10 | 0 |
| 315 | -4 | 28,4 | 13 | 0 |
| 400 | -1 | 42,47 | 16 | 0 |
| 500 | 0 | 42,6 | 17 | 0 |
| 630 | 1 | 41,57 | 18 | 0 |
| 800 | 2 | 36,27 | 19 | 0 |
| 1000 | 3 | 53,87 | 20 | 0 |
| 1250 | 4 | 13,07 | 21 | 7,93 |
| 1600 | 4 | 42,6 | 21 | 0 |
| 2000 | 4 | 27,07 | 21 | 0 |
| 2500 | 4 | 39,07 | 21 | 0 |
| 3150 | 4 | 50,73 | 21 | 0 |
| 4000 | 4 | 30,47 | 21 | 0 |
| Total | | | | 7,93 |

Pada spesimen dengan komposisi 20% serat dengan ukuran serat 280 μm nilai STC yang didapatkan setelah melakukan pengujian adalah STC-17. Nilai tersebut didapatkan dengan memasukkan angka STC maksimal dengan ketentuan defisiensi tidak lebih dari 8 dan totalnya tidak lebih dari 32.

II. Spesimen dengan komposisi 20% serat ukuran serat 280-450 μm

| FREKUENSI | STC Contour Adjusment | Transmissio n Loss | TL Contour Adjusment | Defisien si |
|-----------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|
| 125 | -16 | 75,03 | 32 | 0 |
| 160 | -13 | 64,6 | 35 | 0 |
| 200 | -10 | 48,4 | 38 | 0 |
| 250 | -7 | 35,53 | 41 | 5,47 |
| 315 | -4 | 61,67 | 44 | 0 |
| 400 | -1 | 47,07 | 47 | 0 |
| 500 | 0 | 68,5 | 48 | 0 |
| 630 | 1 | 67,1 | 49 | 0 |
| 800 | 2 | 70,2 | 50 | 0 |
| 1000 | 3 | 80,13 | 51 | 0 |
| 1250 | 4 | 52,9 | 52 | 0 |
| 1600 | 4 | 58,9 | 52 | 0 |
| 2000 | 4 | 46,3 | 52 | 5,7 |
| 2500 | 4 | 49,9 | 52 | 2,1 |
| 3150 | 4 | 67 | 52 | 0 |
| 4000 | 4 | 57,33 | 52 | 0 |
| | | | | 13,27 |

Pada spesimen dengan komposisi 20% serat ukuran serat 280-450 μm nilai STC yang didapatkan setelah melakukan pengujian adalah STC-48. Berdasarkan standar ASTM E-413 dengan nilai STC ini termasuk dalam kategori sangat bagus dengan suara terdengar lemah sehingga pada variasi ini merupakan yang terbaik dalam nilai STC.

III. Spesimen dengan komposisi 20% serat ukuran serat 450-900 μ m

| FREKUENSI | STC Contour Adjustment | Transmission Loss | TL Contour Adjustment | Defisiensi |
|-----------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------|
| 125 | -16 | 62,37 | 20 | 0 |
| 160 | -13 | 54,4 | 23 | 0 |
| 200 | -10 | 38,67 | 26 | 0 |
| 250 | -7 | 22,13 | 29 | 6,87 |
| 315 | -4 | 48,43 | 32 | 0 |
| 400 | -1 | 49,3 | 35 | 0 |
| 500 | 0 | 59,63 | 36 | 0 |
| 630 | 1 | 54,77 | 37 | 0 |
| 800 | 2 | 56,6 | 38 | 0 |
| 1000 | 3 | 73,83 | 39 | 0 |
| 1250 | 4 | 57,7 | 40 | 0 |
| 1600 | 4 | 55,17 | 40 | 0 |
| 2000 | 4 | 48,2 | 40 | 0 |
| 2500 | 4 | 54,77 | 40 | 0 |
| 3150 | 4 | 64,43 | 40 | 0 |
| 4000 | 4 | 43,27 | 40 | 0 |
| | | | | 6,87 |

Pada spesimen dengan komposisi 20% serat pada ukuran serat lebih besar 450-900 μ m nilai STC yang didapatkan setelah melakukan pengujian adalah STC-36. Berdasarkan standar ASTM E-413 dengan nilai STC ini termasuk dalam kategori bagus dengan suara keras terdengar sedikit lebih rendah.

IV. Spesimen dengan komposisi 25% serat ukuran serat 280 μ m

| FREKUENSI | STC Contour Adjusment | Transmissio n Loss | TL Contour Adjusment | Defisien si |
|-----------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|
| 125 | -16 | 58,37 | 14 | 0 |
| 160 | -13 | 50,07 | 17 | 0 |
| 200 | -10 | 35,2 | 20 | 0 |
| 250 | -7 | 20,83 | 23 | 2,17 |
| 315 | -4 | 41,37 | 26 | 0 |
| 400 | -1 | 50,77 | 29 | 0 |
| 500 | 0 | 53,37 | 30 | 0 |
| 630 | 1 | 49,77 | 31 | 0 |
| 800 | 2 | 45,2 | 32 | 0 |
| 1000 | 3 | 62,13 | 33 | 0 |
| 1250 | 4 | 26,03 | 34 | 7,97 |
| 1600 | 4 | 62,93 | 34 | 0 |
| 2000 | 4 | 40,57 | 34 | 0 |
| 2500 | 4 | 51,27 | 34 | 0 |
| 3150 | 4 | 67,07 | 34 | 0 |
| 4000 | 4 | 59,2 | 34 | 0 |
| | | | | 10,14 |

Pada spesimen dengan komposisi 25% serat pada ukuran serat 280 μ m nilai STC maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 30. Nilai STC ini termasuk dalam kategori cukup dengan suara keras cukup terdengar.

V. Spesimen dengan komposisi 25% serat ukuran serat 280-450 μm

| FREKUENSI | STC Contour Adjustment | Transmission Loss | TL Contour Adjustment | Defisiensi |
|-----------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|------------|
| 125 | -16 | 48,43 | 13 | 0 |
| 160 | -13 | 41,47 | 16 | 0 |
| 200 | -10 | 24,4 | 19 | 0 |
| 250 | -7 | 14,63 | 22 | 7,37 |
| 315 | -4 | 32,13 | 25 | 0 |
| 400 | -1 | 42,9 | 28 | 0 |
| 500 | 0 | 45,1 | 29 | 0 |
| 630 | 1 | 41,63 | 30 | 0 |
| 800 | 2 | 37,77 | 31 | 0 |
| 1000 | 3 | 54,23 | 32 | 0 |
| 1250 | 4 | 26,5 | 33 | 6,5 |
| 1600 | 4 | 45,53 | 33 | 0 |
| 2000 | 4 | 35,33 | 33 | 0 |
| 2500 | 4 | 48 | 33 | 0 |
| 3150 | 4 | 64,03 | 33 | 0 |
| 4000 | 4 | 50,6 | 33 | 0 |
| | | | | 13,87 |

Pada spesimen dengan komposisi 25% serat dengan ukuran 280-450 μm berdasarkan ASTM E-413 nilai STC yang didapatkan adalah sebesar 29. Menurut ASTM nilai ini masuk kategori jelek dengan suara normal cukup atau jelas terdengar.

VI. Spesimen dengan komposisi 25% serat ukuran serat 450-900 μ m

| FREKUENSI | STC Contour Adjusme nt | Transmissio n Loss | TL Contour Adjusme nt | Defisien si |
|-----------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------|
| 125 | -16 | 40,1 | 2 | 0 |
| 160 | -13 | 33,83 | 5 | 0 |
| 200 | -10 | 15,47 | 8 | 0 |
| 250 | -7 | 12,93 | 11 | 0 |
| 315 | -4 | 21,43 | 14 | 0 |
| 400 | -1 | 32,33 | 17 | 0 |
| 500 | 0 | 35,14 | 18 | 0 |
| 630 | 1 | 32,23 | 19 | 0 |
| 800 | 2 | 26,6 | 20 | 0 |
| 1000 | 3 | 43,4 | 21 | 0 |
| 1250 | 4 | 14,85 | 22 | 7,15 |
| 1600 | 4 | 35,93 | 22 | 0 |
| 2000 | 4 | 31,47 | 22 | 0 |
| 2500 | 4 | 36,1 | 22 | 0 |
| 3150 | 4 | 40,83 | 22 | 0 |
| 4000 | 4 | 27,4 | 22 | 0 |
| | | | | 7,15 |

Pada spesimen dengan komposisi 25% serat dengan ukuran 450-900 μ m berdasarkan ASTM E-413 nilai STC yang didapatkan adalah sebesar 18.

C. Perhitungan Harga Impact

Untuk cari nilai impact, harus menentukan energi yang terserap saat beban mengenai spesimen menggunakan persamaan berikut :

$$E = Pd [(cos\beta - cos\alpha) - (cos\alpha' - cos\alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right)]$$

Keterangan:

E : Absorbed energy during specimen breaking (J)

Pd : Measured Pendulum Moment (Nm) = 1,0718 Nm
(Constant)

α : Rising Angle ($^{\circ}$) = 150° (Constant)

α' : Reverse Rising Angle after the pendulum empty impact
($^{\circ}$) = 149° (Constant)

β : The Reverse Side Rising Angle After the Specimen
Ruptured

| Jenis Spesimen | Nilai β ($^{\circ}$) | Nilai E (J) |
|----------------------------------|------------------------------|-------------|
| 20% serat ukuran 280 μ m | 124 | 0,514 |
| | 124 | 0,514 |
| | 133 | 0,299 |
| 20% serat ukuran 280-450 μ m | 132 | 0,321 |
| | 128 | 0,418 |
| | 133 | 0,299 |
| 20% serat ukuran 450-900 μ m | 129 | 0,395 |
| | 121 | 0,587 |
| | 116 | 0,714 |
| 25% serat ukuran 280 μ m | 128 | 0,418 |
| | 126 | 0,459 |
| | 131 | 0,343 |
| 25% serat ukuran 280-450 μ m | 129 | 0,395 |
| | 126 | 0,459 |
| | 127 | 0,435 |
| 25% serat ukuran 450-900 μ m | 125 | 0,484 |
| | 124 | 0,514 |
| | 129 | 0,395 |

Setelah mendapatkan nilai E, untuk menentukan Harga Impact dengan persamaan :

$$\text{Harga Impact} = \frac{E}{A}$$

Keterangan:

HI : Harga Impak (kJ/m²)

E : Absorbed energy during specimen breaking (kJ)

A : Luas Area Di bawah Takik (m²)

| Jenis Spesimen | Harga Impak (KJ/m ²) | Harga Impak Rata – Rata (KJ/m ²) |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| 20% serat ukuran 280µm | 6,35 | 6,04 |
| | 8,03 | |
| | 3,74 | |
| 20% serat ukuran 280-450µm | 4,94 | 7,07 |
| | 7,34 | |
| | 8,93 | |
| 20% serat ukuran 450-900µ | 4,46 | 4,81 |
| | 5,81 | |
| | 4,15 | |
| 25% serat ukuran 280µm | 6,05 | 5,80 |
| | 6,43 | |
| | 4,94 | |
| | 4,94 | 5,37 |

| | | |
|-------------------------------------|------|------|
| 25% serat ukuran 280-450 μ m | 5,74 | 4,91 |
| | 5,44 | |
| 25% serat ukuran 450-900 μ m | 5,22 | |
| | 6,38 | |
| | 3,12 | |

D. Perhitungan nilai Densitas

$$\rho = \frac{ms}{(mg - mk)} \times \rho \text{ air}$$

Dimana:

- ρ = massa jenis komposit (gr/cm³)
 ms = masa spesimen, kering (gr)
 mg = massa spesimen, saat tercelup dalam air (gr)
 mk = massa benang (gr)
 $\rho \text{ air}$ = 1 gr/cm³

| Jenis Spesimen | Berat Kering (gr) | Berat Tercelup (gr) | Nilai Densitas (gr/cm ³) | Nilai Densitas Rata-Rata (gr/cm ³) |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|--|
| 20% serat ukuran 280 μ m | 4,2049 | 3,3917 | 1,239762 | 1,20670 6 |
| | 4,3892 | 3,9547 | 1,109869 | |
| | 3,6369 | 2,8626 | 1,270488 | |
| 20% serat ukuran 280-450 μ m | 3,5485 | 2,8755 | 1,234046 | 1,20585 4 |
| | 2,6196 | 2,1408 | 1,223655 | |
| | 3,6524 | 3,149 | 1,15986 | |
| | 3,6642 | 3,1605 | 1,159374 | |

| | | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|----------|--------------|
| 20% serat ukuran 450-900 μ m | 3,4055 | 2,803 | 1,214948 | 1,20115 6 |
| | 3,7414 | 3,0439 | 1,229147 | |
| 25% serat ukuran 280 μ m | 3,4116 | 2,8612 | 1,192367 | 1,22706 4 |
| | 3,6236 | 2,9298 | 1,236808 | |
| | 4,577 | 3,6557 | 1,252017 | |
| 25% serat ukuran 280-450 μ m | 3,6642 | 3,1605 | 1,159374 | 1,22607 3 |
| | 3,4055 | 2,803 | 1,214948 | |
| | 3,7414 | 3,0439 | 1,229147 | |
| 25% serat ukuran 450-900 μ m | 3,1659 | 2,5304 | 1,251146 | 1,21502 8 |
| | 3,6006 | 3,0735 | 1,171498 | |
| | 3,5639 | 2,9154 | 1,222439 | |

E. Perhitungan water absorption

$$\text{Water Absorbility} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat basah (gram)

B = berat kering (gram)

| Jenis Spesimen | Massa basah (gram) | Massa kering (gram) | Water Absorption (%) | Water Absorption Rata Rata (%) |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|
| 20% serat ukuran 280 μ m | 4,204 | 4,280 | 1,759 | 1.802 |
| | 4,389 | 4,462 | 1,634 | |
| | 3,636 | 3,711 | 2,013 | |
| 20% serat ukuran 280-450 μ m | 3,548 | 3,628 | 2,202073 | 3,943 |
| | 2,619 | 2,755 | 4,928504 | |
| | 3,652 | 3,832 | 4,699282 | |
| 20% serat ukuran 450-900 μ | 3,664 | 3,820 | 4,083556 | 7,074 |
| | 3,405 | 3,921 | 13,16044 | |
| | 3,741 | 3,896 | 3,980495 | |
| 25% serat ukuran 280 μ | 3,411 | 3,599 | 5,207002 | 4,25 |
| | 3,623 | 3,793 | 4,46864 | |
| | 4,577 | 4,722 | 3,074838 | |
| 25% serat ukuran 280-450 μ | 2,883 | 3,106 | 7,182178 | 6,543 |
| | 3,576 | 3,770 | 5,137113 | |
| | 3,589 | 3,872 | 7,308884 | |
| 25% serat ukuran 450-900 μ | 3,165 | 3,577 | 11,49535 | 9.170 |
| | 3,600 | 3,776 | 4,657752 | |
| | 3,563 | 4,020 | 11,3568 | |

LAMPIRAN B

HASIL PENGUJIAN

a. Pengujian STC



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 5994254 Fax. 03-5923628 FAXB : 1201
<http://www.vibrastik.ep.its.ac.id>
email : akoeistishe@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 281/PRO/VIBRASTIK/V/2019

Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran *Transmission Loss* pada "spesimen Komposit Poliester berpenguat serat Rami T" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

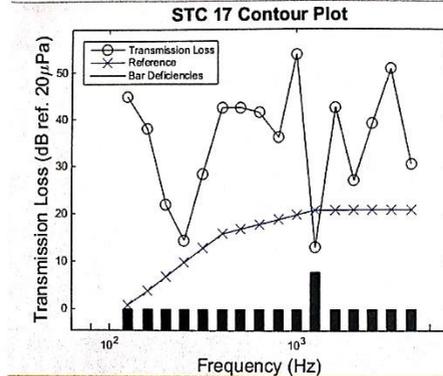
Tabel *Transmission Loss* Spesimen Uji

| Frekuensi (Hz) | <i>Transmission Loss</i> (dB) |
|----------------|-------------------------------|
| 125 | 44.87 |
| 160 | 38.00 |
| 200 | 22.03 |
| 250 | 14.50 |
| 315 | 28.40 |
| 400 | 42.47 |
| 500 | 42.60 |
| 630 | 41.57 |
| 800 | 36.27 |
| 1000 | 53.87 |
| 1250 | 13.07 |
| 1600 | 42.60 |
| 2000 | 27.07 |
| 2500 | 39.07 |
| 3150 | 50.73 |
| 4000 | 30.47 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FABX : 1201
http://www.vibrastic.ep.its.ac.id
email : akoeastische@gmail.com



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 17. Berdasarkan *ASTM Standard E413*, "Classification for Rating Sound Insulation." *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04*.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60115
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 PABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : ekoestische@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 282/PRO/VIBRASTIK/V/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada "spesimen Komposit Poliester berpenguat serat Rami II" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

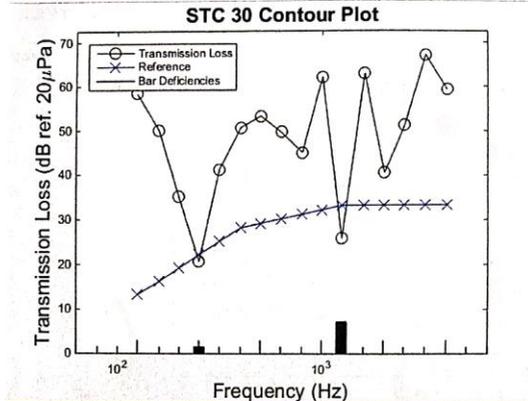
Tabel Transmission Loss Spesimen Uji

| Frekuensi (Hz) | Transmission Loss (dB) |
|----------------|------------------------|
| 125 | 58,37 |
| 160 | 50,07 |
| 200 | 35,20 |
| 250 | 20,83 |
| 315 | 41,37 |
| 400 | 50,77 |
| 500 | 53,37 |
| 630 | 49,77 |
| 800 | 45,20 |
| 1000 | 62,13 |
| 1250 | 26,03 |
| 1600 | 62,93 |
| 2000 | 40,57 |
| 2500 | 51,27 |
| 3150 | 67,07 |
| 4000 | 59,20 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 30. Berdasarkan *ASTM Standard E413*, "Classification for Rating Sound Insulation." *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04*.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923826 FAX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 283/PRO/VIBRASTIK/IV/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada "spesimen Komposit Poliester berpenguat serat Rami III" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

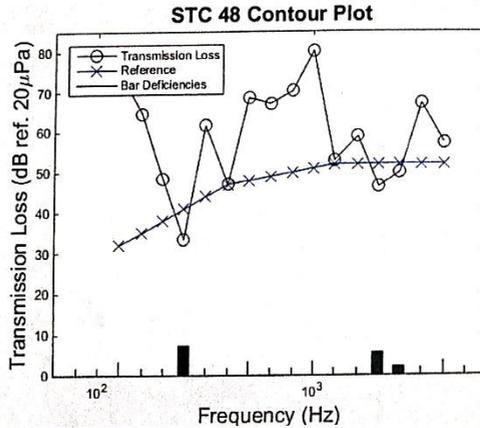
Tabel Transmission Loss Spesimen Uji

| Frekuensi (Hz) | Transmission Loss (dB) |
|----------------|------------------------|
| 125 | 75.03 |
| 160 | 64.60 |
| 200 | 48.40 |
| 250 | 33.53 |
| 315 | 61.67 |
| 400 | 47.07 |
| 500 | 68.50 |
| 630 | 67.10 |
| 800 | 70.20 |
| 1000 | 80.13 |
| 1250 | 52.90 |
| 1600 | 58.90 |
| 2000 | 46.30 |
| 2500 | 49.90 |
| 3150 | 67.00 |
| 4000 | 57.33 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAXB : 1201
<http://www.vibrastc.ep.its.ac.id>
email : akoestsche@gmail.com



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 48. Berdasarkan *ASTM Standard E413*, "Classification for Rating Sound Insulation." *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04*.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 598425-4 Fax: 03-5923626 FABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 284/PRO/VIBRASTIK/IV/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada "spesimen Komposit Poliester berpenguat serat Rami IV" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Transmission Loss Spesimen Uji

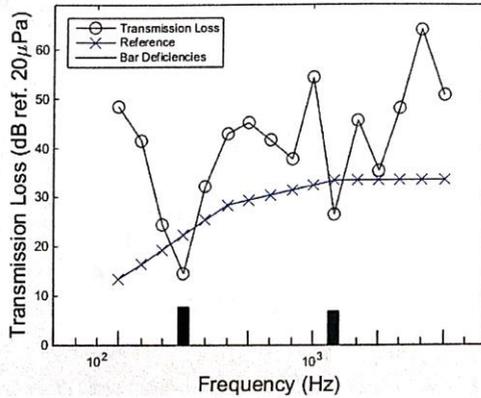
| Frekuensi (Hz) | Transmission Loss (dB) |
|----------------|------------------------|
| 125 | 48.43 |
| 160 | 41.47 |
| 200 | 24.40 |
| 250 | 14.63 |
| 315 | 32.13 |
| 400 | 42.90 |
| 500 | 45.10 |
| 630 | 41.63 |
| 800 | 37.77 |
| 1000 | 54.23 |
| 1250 | 26.50 |
| 1600 | 45.53 |
| 2000 | 35.33 |
| 2500 | 48.00 |
| 3150 | 64.03 |
| 4000 | 50.60 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923526 FABX : 1201
<http://www.vibrastec.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

STC 29 Contour Plot



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 29. Berdasarkan *ASTM Standard E413*, "Classification for Rating Sound Insulation." *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04*.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923266 FABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 285/PRO/VIBRASTIK/V/2019
Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada "spesimen Komposit Poliester berpenguat serat Rami V" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

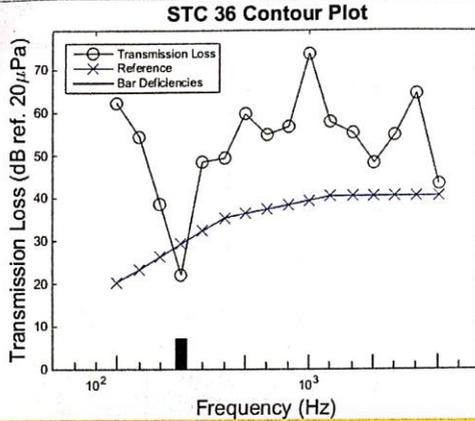
Tabel Transmission Loss Spesimen Uji

| Frekuensi (Hz) | Transmission Loss (dB) |
|----------------|------------------------|
| 125 | 40.10 |
| 160 | 33.83 |
| 200 | 15.47 |
| 250 | 12.93 |
| 315 | 21.43 |
| 400 | 32.33 |
| 500 | 35.13 |
| 630 | 32.23 |
| 800 | 26.60 |
| 1000 | 43.40 |
| 1250 | 14.85 |
| 1600 | 35.93 |
| 2000 | 31.47 |
| 2500 | 36.10 |
| 3150 | 40.83 |
| 4000 | 27.40 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FABX : 1201
<http://www.vibratic.ep.its.ac.id>
email : akoestlache@gmail.com



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 36. Berdasarkan *ASTM Standard E413, "Classification for Rating Sound Insulation."* *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04.*

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 59425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 27 April 2019

No : 286/PRO/VIBRASTIK/V/2019

Hal : Hasil Pengukuran *Sound Transmission Class*

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Transmission Loss pada "spesimen Komposit Poliester berkuat serat Rami VI" dari Teknik Material dan Metalurgi ITS yang dilakukan pada Senin 26 April 2019 pukul 23.20 WIB dengan ukuran $t = 1$ cm dan diameter (\varnothing) = 9,8 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut: "

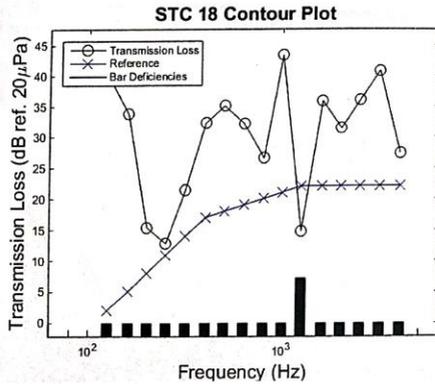
Tabel Transmission Loss Spesimen Uji

| Frekuensi (Hz) | Transmission Loss (dB) |
|----------------|------------------------|
| 125 | 62.37 |
| 160 | 54.40 |
| 200 | 38.67 |
| 250 | 22.13 |
| 315 | 48.43 |
| 400 | 49.30 |
| 500 | 59.63 |
| 630 | 54.77 |
| 800 | 56.60 |
| 1000 | 73.83 |
| 1250 | 57.70 |
| 1600 | 55.17 |
| 2000 | 48.20 |
| 2500 | 54.77 |
| 3150 | 64.43 |
| 4000 | 43.27 |



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201
http://www.vibrastic.ep.its.ac.id
email : akoestische@gmail.com



Grafik Transmission Loss Spesimen Uji

Kesimpulan

Pengujian Transmission Loss pada spesimen uji didapatkan hasil nilai STC sebesar 18. Berdasarkan *ASTM Standard E413*, "Classification for Rating Sound Insulation." *ASTM International, West Conshohocken, PA, DOI: 10.1520/E0413-04*.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Vibrasi & Akustik Teknik Fisika- ITS



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600229 198701 1 001

b. Pengujian impact



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 0341 – 553286 Pes. 1214 Malang 65145

DATA HASIL PENGUJIAN

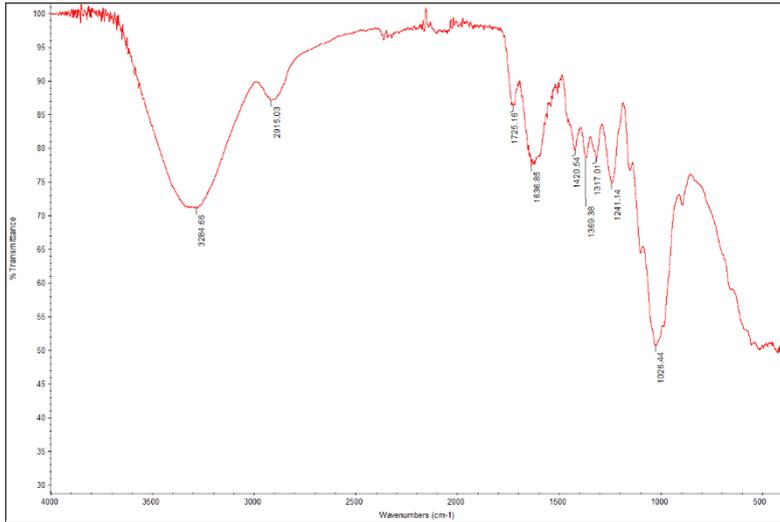
Jenis Pengujian : Impact Komposit
Penguji : Musthofa
NRP. : 0251154000062
Fakultas : Teknologi Industri
Univ./Instansi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Tanggal Pengujian : 15 Mei 2019

| Komposisi Serat | Ukuran Serat | Sampel | Sudut α (°) | Sudut β (°) |
|-------------------------------|-----------------|--------|--------------------|-------------------|
| 20% Serat rami 80% Matriks | 280 μ | 1 | 150 | 124 |
| | | 2 | 150 | 124 |
| | | 3 | 150 | 133 |
| | 280 – 450 μ | 1 | 150 | 132 |
| | | 2 | 150 | 128 |
| | | 3 | 150 | 133 |
| | 450-900 μ | 1 | 150 | 129 |
| | | 2 | 150 | 121 |
| | | 3 | 150 | 116 |
| 25% Serat Rami 75% Matriks | 280 μ | 1 | 150 | 128 |
| | | 2 | 150 | 126 |
| | | 3 | 150 | 131 |
| | 280 – 450 μ | 1 | 150 | 129 |
| | | 2 | 150 | 126 |
| | | 3 | 150 | 127 |
| | 450 – 900 μ | 1 | 150 | 125 |
| | | 2 | 150 | 124 |
| | | 3 | 150 | 129 |

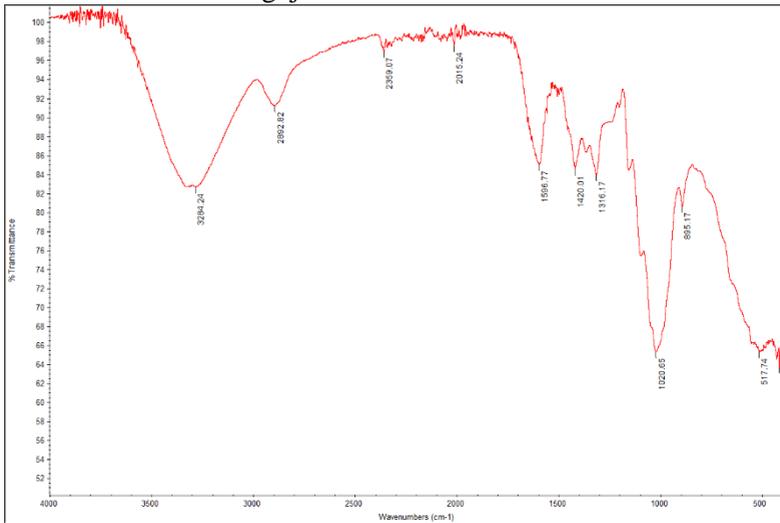


c. Pengujian FTIR

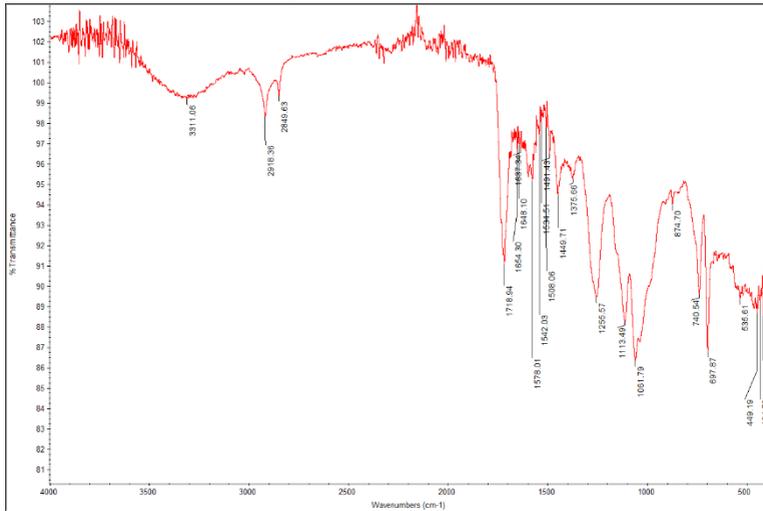
A. Hasil Pengujian FTIR serat sebelum alkalisasi



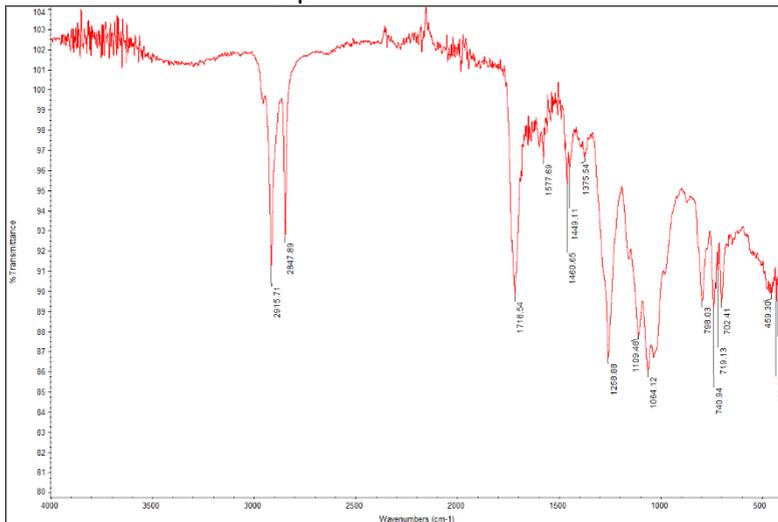
B. Hasil Pengujian FTIR setelah Alkalisasi



C. Hasil pengujian FTIR Komposit 20%Sr80% matriks ukuran 280-450 μ



D. Hasil pengujian FTIR Komposit 25%Sr75% matriks ukuran serat 280 μ



LAMPIRAN C

Spesifikasi Alat Uji

Spesifikasi Alat Uji Impact

Spesifikasi dari alat uji Impact :



Sandard : ISO179-1992, GB/T1043-93, JB/18762-1998
Tipe : XJJ-5 Charpy Impact Testing
Impact velocity : 2,9 m/s
Pend. Energy : 0,5 J, 1J, 2J, 4J, 5J
Pend. Moment : 1,0718 Nm
Sudut awal : 150
Panjang lengan : 230mm
Grip round edge radius : $(1 \pm 0,1)$ mm
Impact blade corner dimension : $(30 \pm 1)^\circ$
Working temperature : 15~35 C
Power supply : 220 V \pm 10% 50Hz

Spesifikasi Alat Uji FTIR



| | |
|---------------------------------|--|
| Name | Nicolet IS 10 FTIR Spectrometer |
| Height (Metric) | 250 mm |
| Weight (Metric) | 33 kg |
| Accepts | SMART Accessories, TGA-IR, Continuum Microscope, Photoacoustic, Most Standard Accessories |
| Applications | Biodiesel Blending Analysis; Gemstone Analysis; Polymers and Plastics; QA/QC; Pharmaceuticals; Forensics |
| Humidity | Tightly sealed to resist ambient humidity. |
| Width (Metric) | 570 mm |
| Interface | PC USB 2.0 |
| Beam Splitter | KBr/Ge mid-infrared optimized (standard); XT-KBr/Ge extended range mid-infrared (optional) |
| Laser | HeNe |
| Performance Verification | ASTM E1421 to meet customer ISO/GLP requirements, |
| Components | Mid-infrared Ever-Glo and Tungsten/halogen (both are user replaceable from sample compartment) |
| Power Supply | 100-240 V 50/60 Hz |
| Depth (Metric) | 550mm |
| Source Type | Mid-infrared Ever-Glo and Tungsten/halogen (both are user replaceable from sample compartment) |

| | | |
|--------------------|--|---|
| | Electron optical | magnification range : 80-45,000x |
| Illumination | : Light optical | Digital zoom max.12x selectable axial and off-axis LEDs |
| | Electron Optical | long-lifetime thermionic source Acceleration Voltage 5 kV Resolution 25nm |
| Digital image | : Light Optical | color navigation camera |
| | Electron Optical | high-sensitivity backscattered electron detector |
| Image format | : JPEG, TIFF, BMP | |
| Image resolution | : 456x456, 684x684, 1024x1024, 2048x2048 | pixels |
| Pixel resolution | : 2,9 nm | |
| Sample size | : 25 mm (dia) x 30mm (h) | |
| Sample loading | : Light optical | <5s |
| | Electron Optical | <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) |

Spesifikasi Alat Uji STC



1. Amplifier : berfungsi sebagai sumber suara dari listrik yang diubah menjadi suara dan sebagai pengatur frekuensi yang akan dibutuhkan
2. Tabung impedansi : sebagai tempat spesimen uji. Terbuat dari logam besi berdiameter 10 cm dan panjang 3 meter.
3. Microfon : sebagai penangkap sensor suara yang diberikan kepada tabung impedansi. Adapun di dalam pengujian ini microfon jenis G.R.A.S 40PH dipasang sebelum dan setelah spesimen uji. Sehingga ketika suara dengan frekuensi tertentu diberikan, suara datang akan ditangkap microfon 1 dan setelah melewati spesimen uji akan ditangkap oleh mikrofon 2.
4. DAQ (*Data Aquisition*) : sebagai pengolah data dari sensor suara yang akan diteruskan ke komputer. DAQ jenis NicDAQ-9178 dengan modul Ni9234 adalah yang digunakan dalam pengukuran.

-
5. Komputer : Sebagai pengolah data dari DAQ dan ditentukannya nilai STC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Farid Wajdi, Ibu Mutammimah, MbahBuk Azizah beserta keluarga tercinta yang telah menjadi sumber motivasi dan penyemangat dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materil, dan doa yang selalu dinaikkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
2. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang melancarkan Tugas Akhir penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Teman-teman dari Ash-Haabul Kahfi Teknik Material dan UKM Cinta Rebana yang telah memberikan banyak pengalaman berharga dan pembelajaran dalam berorganisasi.
4. Teman-teman jamaah Al-Khidmah PTN/PTS se-Surabaya.
5. Teman-teman *Black Dragon* (Erwin, Ula, Made, Wais, Audi, Yoessa, Yuyun dan Wulan) yang selalu berbagi motivasi dan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Seluruh mahasiswa Teknik Material serta keluarga MT17 yang penulis sayangi, yang telah menjadi keluarga dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
7. Teman-teman RRU Gen 13 yang telah menjadi teman pencari berkah dan berbagi cerita selama kuliah. Semoga tetap istiqomah dalam mencari keberkahan
8. Ibu Kos dan Teman-teman kos314 yang telah bersedia memberikan tempat istirahat sementara selama 4 tahun di Surabaya.
9. Ananda Fani Fauziah dan Fathimah Al-Batul yang telah menjadi adik yang baik dan sering memotivasi dan memberikan masukan selama pengerjaan tugas akhir

-
10. Bapak-bapak Lab (Pak Tari, Pak Moko, Pak Sumarsono, Mas Rido) yang telah baik hati dan sabar selama pengerjaan tugas akhir
 11. Kepala Laboratorium Teknik Mesin UB (Pak Khoirul Anam) yang telah membantu pengujian SEM
 12. Muhayat, Bakhtiar, Putro, Retno , Nopi dan Nella yang telah segan mendengarkan cerita dan berdiskusi selama di Surabaya.
- Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

Musthofa
NRP 0251154000062

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Musthofa. Dilahirkan di Gresik pada tanggal 4 Juni 1997 dari pasangan Farid Wajdi dan Mutammimah. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara, Pendidikan formal penulis di MI Maarif Al-Hasani, SMP Negeri 1 Gresik dan SMA Negeri 1 Gresik. Penulis merupakan mahasiswa aktif Jurusan Teknik Material FTI-ITS tahun masuk 2015.

Selama menjalankan pendidikan di kampus ITS Surabaya, penulis berpartisipasi aktif dalam organisasi mahasiswa Lembaga Dakwah Jurusan Ash-Haabul Kahfi (LDJ Ash-Haabul Kahfi) sebagai Ketua Umum dan juga staff PSDM Unit Kegiatan Mahasiswa Cinta Rebana

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti beragam pelatihan dan kepanitiaan, seperti LKMM Tingkat pra Dasar, Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar HMMT, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah HMMT, Pelatihan kewirausahaan HMMT dan Pelatihan Manajemen Organisasi oleh LMB ITS. Selain itu penulis pernah berpartisipasi dalam karya tulis ilmiah, Juara 1 LKTA MAMAQ UM, Juara 2 LKTA UIN Sunan Ampel, dan juara 3 LKTI Indonesian Corrosion Week serta Finalis LKTI Engineering week di UB.

Semasa kuliah penulis juga melakukan kegiatan Kerja Praktik di PT. Petrokimia Gresik, Gresik, Jawa Timur. Hingga pada akhirnya, kegiatan perkuliahan jenjang Strata-1 diakhiri dengan melakukan Tugas Akhir dalam bidang Material Inovatif, dengan judul **“Pengaruh Ukuran Dan Komposisi Serat Terhadap Nilai Stc Komposit Poliester Berpenguat Serat Rami Untuk Aplikasi Material Akustik”**

.E-mail: musthofamus.46@gmail.com