



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH FRAKSI BERAT TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK KOMPOSIT BAHAN AKUSTIK
POLYPROPYLENE/SERAT TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT PADA APLIKASI DOOR PANEL MOBIL**

Bathara Indra Poetra P.
NRP. 2713 100 045

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH FRAKSI BERAT TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT BAHAN
AKUSTIK POLYPROPYLENE/SERAT TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT PADA APLIKASI
DOOR PANEL MOBIL**

Bathara Indra Poetra P.
NRP. 2713 100 045

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TL 141584

**EFFECT OF MASS FRACTION ON PHYSICAL
AND MECHANICAL PROPERTIES OF
ACOUSTICAL MATERIALS POLYPROPYLENE
COMPOSITE/OIL PALM EMPTY FRUIT
BUNCHES FIBER FOR DOOR PANEL
ACOUSTICAL MATERIALS**

Bathara Indra Poetra P.
NRP. 2713 100 045

Advisor
Ir. Moh. Farid, DEA
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL
ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

**PENGARUH FRAKSI BERAT TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT BAHAN
AKUSTIK POLYPROPYLENE/SERAT TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT PADA APLIKASI DOOR
PANEL MOBIL**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Bathara Indra Poetra Pradana

NRP. 2713 100 045

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Ir. Moh. Farid , DEA (Pembimbing I)

Haniffudin Nurdiansa (Pembimbing II)



JANUARI 2017

**PENGARUH FRAKSI BERAT TERHADAP SIFAT FISIK
DAN MEKANIK KOMPOSIT BAHAN AKUSTIK
POLYPROPYLENE/SERAT TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT PADA APLIKASI DOOR PANEL MOBIL**

Nama : Bathara Indra Poetra Pradana
NRP : 2713 100 045
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Ir. Moh Farid, DEA
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

ABSTRAK

Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara. Oleh karena itu pembuatan interior penumpang haruslah menggunakan material yang dapat mengabsorbir suara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa material komposit polypropylene berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit untuk penyerapan suara pada bagian door panel kendaraan. Permasalahan yang dikaji untuk mengetahui nilai koefisien absorpsi suara, sifat fisik, serta sifat mekanik. Komposisi fraksi massa serat yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%. Tujuannya untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara terbaik serta sifat fisik dan mekanik yang paling baik. Metode yang digunakan berdasarkan standard ASTM E 1050 untuk pengujian absorpsi suara, ASTM D790 untuk pengujian flexural, dan ASTM D792 untuk pengujian densitas. Dari hasil pengujian didapatkan nilai koefisien absorpsi suara, kekuatan lentur dan densitas tertinggi secara berturut turut 0.42853 pada frekuensi 4000 Hz, 99.6356 Mpa, 1.025 gr/cm³. Nilai tertinggi didapatkan pada komposit dengan presentase 10% serat tandan kosong kelapa sawit dan 90% polypropylene.

kata kunci : Sound Absorption Material, Interior, Door panel, Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit, Polypropylene, Sifat fisik, Sifat Mekanik

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**EFFECT OF MASS FRACTION ON PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF ACOUSTIC
MATERIALS POLYPROPYLENE COMPOSITE/OIL
PALM EMPTY FRUIT BUNCHES FIBER FOR DOOR
PANEL ACOUSTICAL MATERIAL**

Name : Bathara Indra Poetra Pradana
NRP : 2713 100 045
Department : Teknik Material dan Metalurgi
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

ABSTRACT

Noise can affect the comfort in driving. Therefore, the interior should be made by sound absorption materials. Objective of this research was to analyze oil palm empty fruit bunches fibre reinforced polypropylene composite for sound absorption used in the door panel part of the vehicle. The problem was to find out the composite morphology, density, value of sound absorption coefficient, flexural strength, and flexural modulus by comparing variation of composition reinforcement and matrix. The composition of the mass fraction of the reinforcement used were 5%, 10%, and 15%. The goal was to find out the best sound absorption coefficient value, good physical and mechanical properties. The methods were based on ASTM E1050 for sound coefficient absorption test, ASTM D790 for flexural test, and ASTM D792 for density test. From the results was obtained the sound absorption coefficient, flexural strength, and density were, 0.42853 at 4000 Hz frequency, 99.6356 MPa, 1.025 gr/cm³. The highest value was obtained on composite with percentage of 10% oil palm empty fruit bunches fibre and 90% polypropylene.

keywords : Sound Absorption Materials, Interior, Door Panel, Oil Palm Empty Fruit Bunches Fibre, Polypropylene, Physical Properties, Mechanical Properties

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Fraksi Berat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Polypropylene/Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Aplikasi Bahan Akustik Door Panel Mobil”** sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Heru Deddy dan Ibu Inafiah yang selalu memberikan dukungan moriil dan materiil yang sangat berguna dalam keberhasilan penulis
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi kepada penulis
3. Bapak Haniffudin Nurdiansah S.T. M.T selaku dosen pembimbing 2 yang dengan sabar mau memberikan bimbingan, saran dan evaluasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS
5. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali penulis
6. Pak Moko, Mbak Iis dan segenap karyawan JTMM yang telah banyak membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini
7. Rekan Seperjuangan dan rekan laboratorium dalam hal pengerjaan tugas akhir Abdillah Sismantoro, Afira Ainur, Jonathan Dian, Zulhelmi Luthfi, Ferdiansyah Iqbal, Arif Imbang dan Arief Rizaldy
8. Teman-teman Mahasiswa Angkatan 2013 (MT15)

9. Teman-teman “HIMOMITS” yang selalu memberikan dukungan moral dan berbagi canda tawa bersama
10. M. Aditya Pradana yang senantiasa mau membantu jika penulis membutuhkan bantuan
11. Seluruh Mahasiswa JTMM yang tak pernah menyerah untuk memberikan yang terbaik bagi bangsa dan almamater
12. Seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi atas penulisan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menjadi evaluasi selanjutnya.

Demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan ilmu yang dapat diambil manfaat yang sebesar-besarnya bagi kemajuan teknologi khususnya dibidang material inovatif.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.2 Serat Alam Kelapa Sawit	14
2.3 Polypropylene	17
2.4 Gelombang dan Bunyi	19
2.5 Material Akustik	23
2.6 Koefisien Serap Bunyi	24
2.7. Bahan Absorpsi Suara	27
2.8 Aplikasi Komposit Pada Door Panel Otomotif	30
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	39
3.2 Peralatan dan Bahan	40
3.2.1 Peralatan	40
3.2.2 Bahan	44
3.3 Variabel Penelitian	46
3.4 Rancangan Penelitian	46

3.5 Metode Penelitian.....	47
3.5.1 Persiapan Bahan.....	47
3.5.2 Proses Pengujian.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Hasil FTIR.....	57
4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	57
4.1.2 Analisis Hasil FTIR Polypropylene.....	59
4.1.3 Analisis Perbandingan Hasil Uji FTIR pada Filler STKKS, Matriks PP dan Komposit PP/STKKS.....	60
4.2. Analisis Morfologi.....	61
4.3. Analisis Densitas.....	64
4.4. Analisis Koefisien Absorpsi Suara.....	65
4.5. Analisis Kekuatan Lentur.....	68
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	xxi
LAMPIRAN.....	xxv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat	6
Gambar 2. 2 Komposit Serat Kontinu	8
Gambar 2. 3 Komposit Serat Anyam.....	8
Gambar 2. 4 Pembebanan Terhadap Serat	9
Gambar 2. 5 Klasifikasi Komposit Serat Berdasarkan Diameter Kritis.....	9
Gambar 2. 6 (a) serat kontinu dan teratur (aligned), (b) serat diskontinu dan teratur, dan (c) serat diskontinu dan acak/random	10
Gambar 2. 7 Komposit Laminar Serat.....	11
Gambar 2. 8 Komposit Laminat Bimetals	12
Gambar 2. 9 Komposit Laminat Clad Metal	12
Gambar 2. 10 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks	13
Gambar 2. 11 Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya	15
Gambar 2. 12 Struktur kimia lignin dan selulosa	16
Gambar 2. 13 Struktur Kimia dari Polypropylene.....	18
Gambar 2. 14 Gelombang transversal	20
Gambar 2. 15 Gelombang longitudinal	21
Gambar 2. 16 Skema Penyerapan Suara Oleh Material Absorber	24
Gambar 2. 17 Karakteristik Penyerapan Suara <i>Porous Absorber</i>	27
Gambar 2. 18 Karakteristik Penyerapan Suara <i>Resonant Absorber</i>	28
Gambar 2. 19 Karakteristik Penyerapan Suara <i>Helmholtz Absorber</i>	29
Gambar 2. 20 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Absorpsi Suara Aplikasi Doorpanel.....	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Percobaan	39
Gambar 3. 2 Alat Pencacah Organik	40

Gambar 3. 3 Alat <i>Sieving</i>	40
Gambar 3. 4 Hot Plate dan Magnetic Stirrer	41
Gambar 3. 5 Cetakan spesimen uji absorpsi suara	41
Gambar 3. 6 Timbangan Digital	42
Gambar 3. 10 Oven	42
Gambar 3. 11 Alat Uji SEM	43
Gambar 3. 12 Alat Uji FTIR.....	43
Gambar 3. 13 Alat Uji Absorpsi Suara	44
Gambar 3. 14 Alat Uji Flexural	44
Gambar 3. 15 Serat Tandan Kosong kelapa Sawit	45
Gambar 3. 16 Polypropylene pelet	45
Gambar 3. 17 Alat Uji FTIR.....	53
Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR pada Serat TKKS <i>Washed</i> dan <i>Alkali Treated</i>	57
Gambar 4. 2 Hasil Uji FTIR pada <i>Polypropylene</i> Murni	59
Gambar 4. 3 Perbandingan Hasil Uji FTIR pada Filler STKKS, Matriks PP dan Komposit PP/STKKS.....	61
Gambar 4. 4 Hasil SEM (a) serat tanpa perlakuan dan (b) serat dengan perlakuan alkali perbesaran 100x.....	62
Gambar 4. 5 Hasil SEM komposit PP/15%STKKS perbesaran 500x	63
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Uji Densitas Komposit PP/STKKS....	65
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Absorpsi Suara.....	67
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Uji Kekuatan Lentur Komposit PP/STKKS.....	69
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji Modulus Lentur Komposit PP/STKKS.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Komposisi Kimia dari Serat Kelapa Sawit	16
Tabel 2. 2	Sifat Fisik-Mekanik dari Serat Kelapa Sawit	16
Tabel 2. 3	Sifat Polypropylene	18
Tabel 2. 4	4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi	22
Tabel 2. 5	Koefisien absorpsi beberapa material	25
Tabel 2. 6	Properties komposit <i>FlexForm</i>	31
Tabel 2. 7	Penelitian Terdahulu	32
Tabel 3. 1	Rancangan Penelitian.....	46
Tabel 4. 1	Daerah Serapan Infra Merah Serat TKKS <i>Washed</i> dan <i>Alkali Treated</i>	58
Tabel 4. 3	Daerah Serapan Infra Merah <i>Polypropylene</i> Murni....	60
Tabel 4. 4	Data Hasil Uji Densitas Komposit PP/STKKS.....	64
Tabel 4. 5	Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit PP/STKKS	66
Tabel 4. 6	Data pengujian kekuatan lentur pada komposit PP/STKKS.....	68
Tabel 4. 7	Data pengujian modulus lentur pada komposit PP/STKKS.....	69

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini di Indonesia telah banyak beredar mobil buatan negara maju yang dengan mudah didapatkan oleh masyarakat karena harga yang relatif terjangkau. Terlalu tingginya jumlah kendaraan akan menimbulkan permasalahan lingkungan dan mempengaruhi kenyamanan aktivitas manusia. Yang utama adalah kebisingan, kebisingan merupakan polusi yang akan mengganggu pendengaran seseorang, dan juga akan mengakibatkan manusia bisa mengalami stress. (Lee, 2003). Salah satu sumber kebisingan itu bisa muncul dari suara lalu lintas, terutama kebisingan dari kendaraan bermotor. Kebisingan yang disebabkan oleh lalu lintas memiliki tekanan bunyi 80-100 dB. Dalam hal ini, pemerintah dan badan keselamatan lingkungan dunia menetapkan aturan perundang-undangan polusi kebisingan. Dasar pendukung perundang-undangan Peraturan Menteri lingkungan hidup no 7 tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor menyatakan bahwa kendaraan bermotor memiliki ambang batas kebisingan rata-rata 80 dB Oleh karena itu kebisingan akibat kendaraan bermotor merupakan permasalahan yang perlu dipecahkan. Namun di sisi lain, muncul kebutuhan untuk material baru dan inovatif yang mampu untuk memenuhi kebutuhan seperti efisien, ringan, dan tahan lama (Garcia-Valles, Avila G, 2008).

Material komposit merupakan area penelitian yang sangat luas dan telah menjadi solusi untuk banyak permasalahan. Beberapa teknologi sudah diterapkan terutama untuk mengurangi kebisingan yang timbul pada kendaraan bermotor. Seperti contohnya di dalam interior penumpang. Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara. Oleh karena itu, tentunya untuk pembuatan interior penumpang haruslah menggunakan bahan yang dapat mengabsorpsi suara. Pada perkembangannya, saat ini telah dikembangkan berbagai material



komposit dari serat alam yang digunakan pada industri otomotif. Seperti contohnya di dalam interior penumpang, misalkan pada *doorpanel*. Tentunya untuk pembuatan interior ini membutuhkan bahan yang dapat mengabsorpsi suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan (Shoshani, 1990). Misalkan pada bamboo/PP, banana/PP, dan jute/PP berturut-turut menghasilkan koefisien absorpsi suara sebesar 0,2; 0,17; 0,12 (Thilagavati, 2015). Serat alami memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis yaitu beratnya yang lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan.

Untuk penelitian ini, akan digunakan serat tandan kosong kelapa sawit yang merupakan produk sampingan dari industri pengolahan minyak kelapa sawit. Hasil dari penelitian Departemen Pertanian (2006) menyatakan bahwa limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang jumlahnya cukup besar, yaitu sekitar 6 juta ton/ha yang tercatat pada tahun 2004 dan untuk limbah cangkang kelapa sawit sebanyak 1.73 juta ton/ha, namun sampai saat ini pemanfaatannya masih terbatas. Salah satu solusi pemanfaatannya yaitu menjadikannya sebagai bahan pengisi (*filler*) pengganti kayu dalam proses pembuatan papan komposit plastik. Kadar selulosa yang tinggi sehingga memiliki sifat mekanik yang baik seperti nilai kekuatan tarik sebesar 100-400 MPa, modulus elastisitas sebesar 1-9 GPa, serta regangan total sebesar 9-18 % (Sreekala *et al.* 2001). Maka sifat serat kelapa sawit membuatnya sesuai untuk aplikasi komposit.

Dengan pembuatan komposit menggunakan komposit serat kelapa sawit dan matriks *polypropylene* diharapkan nantinya tercipta material absorpsi suara untuk aplikasi *doorpanel* yang mempunyai kemampuan absorpsi suara yang baik serta ramah lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini



antara lain :

1. Bagaimana pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap morfologi dan densitas komposit?
2. Bagaimana pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap nilai koefisien absorpsi suara?
3. Bagaimana pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap kekuatan lentur komposit?
4. Fraksi massa *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* mana yang sesuai untuk aplikasi *doorpanel*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap morfologi dan densitas komposit
2. Menganalisa pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap nilai koefisien absorpsi suara
3. Menganalisa pengaruh fraksi berat komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* terhadap kekuatan lentur komposit
4. Menentukan fraksi massa *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* mana yang sesuai untuk aplikasi *doorpanel*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.



3. Tidak melibatkan reaksi kimia antara matriks dengan fiber.
4. Distribusi persebaran serat dianggap merata.
5. Ukuran serat dianggap homogen

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu solusi terhadap permasalahan dampak dari limbah industri pengolahan kelapa sawit.
2. Memberikan alternatif material di masa yang akan datang dengan memanfaatkan sumber daya alam di lingkungan sekitar.
3. Memberikan pengetahuan mengenai nilai koefisien absorpsi suara dari komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* sebagai petunjuk proses produksi material akustik
4. Memberikan pengetahuan mengenai sifat fisik dan sifat mekanik komposit *Polypropylene/ Oil Palm Empty Fruit Bunches Fiber* sebagai petunjuk proses produksi material akustik

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Material komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat yang lebih baik daripada komponen penyusunnya (Campbell, 2010). Dua komponen atau lebih tersebut memiliki sifat atau struktur yang berbeda, dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik (Sulistijono, 2012).

Beberapa sifat yang dapat dikembangkan dengan membentuk material komposit diantaranya:

- Kekuatan
- Kekakuan
- Ketahanan korosi
- Ketahanan aus
- Ketahanan Tarik
- Berat
- Umur lelah
- Insulasi panas
- Konduktivitas panas
- Insulasi akustik

Pada dasarnya, tidak semua sifat dapat dikembangkan secara bersamaan (Jones, 1999).

2. 1. 2 Penyusun Komposit

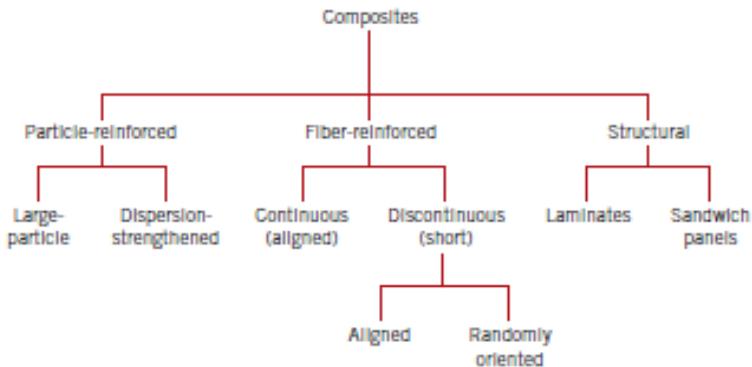
Secara umum, susunan komposit terdiri dari reinforce (penguat) dan matriks (pengisi). Reinforcement adalah penguat yang ditempatkan didalam matriks pada komposit dan harus memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi daripada matriksnya. Penguat tidak selalu berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit dan memberikan efek penguatan, tetapi juga digunakan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti sifat tahan aus, koefisien friksi atau konduktivitas termal. Contoh dari reinforce adalah serat gelas dan serat aramid. Sedangkan matriks



merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat secara bersama-sama. Matriks merupakan konstituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fase penguat, serta mentransferkan tegangan kepada penguat, selain itu matriks juga berfungsi untuk melindungi reinforcement terhadap kerusakan-kerusakan secara mekanis dalam batasan tertentu. Karakteristik matriks umumnya adalah ulet serta memiliki kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah dibanding reinforce-nya (Sulistijono, 2012).

2. 1. 3 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat

Secara sederhana klasifikasi komposit berdasarkan penguat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat
(Callister, 2007)

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat, yaitu komposit partikel, komposit fiber dan komposit struktural.

2. 1. 3. 1 Komposit partikel (*particulated composite*)

Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai bahan penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk, dan material partikel adalah faktor-faktor



yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit partikel. (Andri Sulian, 2008). Jenis komposit partikulat Antara lain:

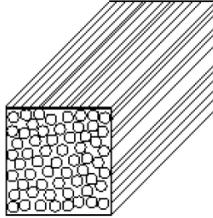
- a. *Partikulat*, komposit dengan penguat partikel yang biasanya aspek ratio panjang terhadap diameternya kurang dari 5. Partikulat dapat berbentuk mono atau poli kristalin, dapat bervariasi bentuknya (spherical, angular atau seperti plate) dan diameternya biasanya lebih besar dari 1 mikrometer.
- b. *Dispersoidal*, sama seperti partikulat, bahkan diameternya kurang dari 1 mikro meter, namun mampu memberikan efek kekuatan Orowan
- c. *Platelet (pipih)*, penguat yang berbentuk plat dengan ratio diameter terhadap ketebalannya lebih besar dari 2.
- d. *Fiber pendek (Mat)*, penguat berbentuk silinder dengan ratio panjang terhadap diameternya lebih besar dari 5 (umumnya lebih besar dari 100 sampai dengan 1000). Komposit serat pendek lebih murah, dan cepat dalam fabrikasi.
- e. *Whiskers*, kristal tunggal (monokristal) yang memanjang, dengan rasio panjang terhadap diameternya lebih besar dari 10 dan dengan diameter yang identik kurang dari 1 mikro (Sulistijono, 2012).

2. 1. 3. 2 Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. (Schwartz, 1984). Berikut merupakan klasifikasi komposit serat:

a. *Continuous Fibre Composite*

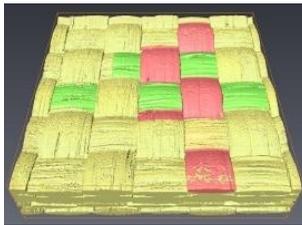
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.



Gambar 2. 2 Komposit Serat Kontinu (Schwartz, 1984)

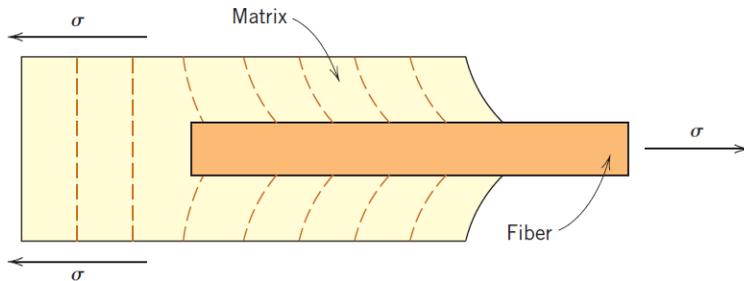
b. *Woven Fibre Composites (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah



Gambar 2. 3 Komposit Serat Anyam (Schwartz, 1984)

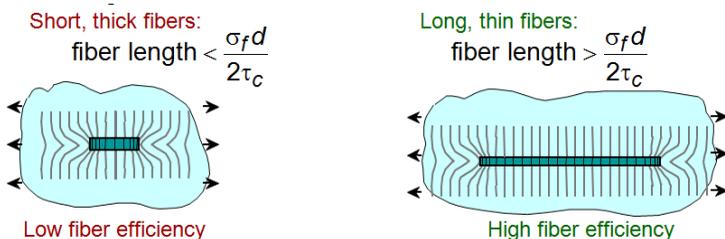
Sifat mekanik dari komposit serat tidak hanya bergantung pada sifat dari serat, namun juga seberapa besar beban yang bisa diteruskan/transmitted dari matriks ke reinforcement. Transmittance ini sangat dipengaruhi oleh besarnya ikatan interface antara matriks dan reinforcement, dimana dengan pembebanan tertentu, ikatan antara matriks dan serat berakhir pada ujung serat. Dengan demikian, diperlukan panjang kritis tertentu dari serat sehingga bisa lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari material komposit (Callister, 2007).



Gambar 2. 4 Pembebanan Terhadap Serat
(Callister, 2007)

Untuk mengukur panjang kritis dapat digunakan rumus:

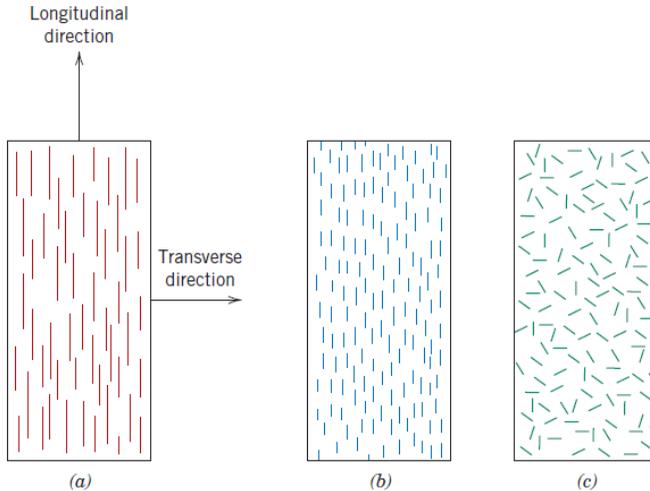
$$\text{Critical fiber length} = \frac{\sigma_f d}{2\tau_c}$$



Gambar 2. 5 Klasifikasi Komposit Serat Berdasarkan Diameter Kritis (Callister, 2007)

- Jika nilai $l \gg l_c$ (biasanya $l > 15l_c$), serat dikatakan sebagai serat kontinu/serat panjang.
- Jika Jika nilai $l \ll l_c$, serat dikatakan sebagai serat diskontinu/serat pendek.
- Komposit serat pendek pada dasarnya sama saja dengan komposit particulate

Orientasi serat yang digunakan dibedakan menjadi serat kontinu dan teratur (aligned), serat diskontinu dan teratur, dan serat diskontinu dan acak/random.



Gambar 2. 6 (a) serat kontinu dan teratur (aligned), (b) serat diskontinu dan teratur, dan (c) serat diskontinu dan acak/random (Callister, 2007)

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya void. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_f} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \quad (2.1)$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f = 1 - V_m \quad (2.2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matrik, serta density *fiber* dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992):



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

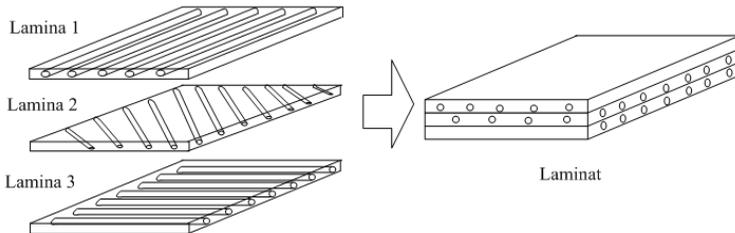
dimana :

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| W_f : fraksi berat serat | V_f : fraksi volume serat |
| w_f : berat serat | V_m : fraksi volume matrik |
| w_c : berat komposit | v_f : volume serat |
| ρ_c : <i>density</i> serat | v_m : volume matrik |
| ρ_c : <i>density</i> komposit | |

2. 1. 3. 3 Komposit laminat (*laminated composite*)

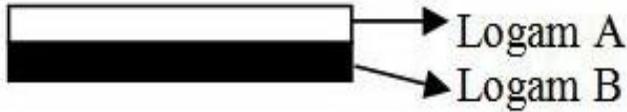
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit laminat serat, komposit laminat bimetal dan komposit laminat clad metal (Sulistijono, 2012). Jenis komposit laminat antara lain:

- Laminat Serat*, adalah komposit laminat dengan lapisan-lapisan yang terbuat dari lamina matriks polimer berpenguat serat, atau matriks logam berpenguat serat



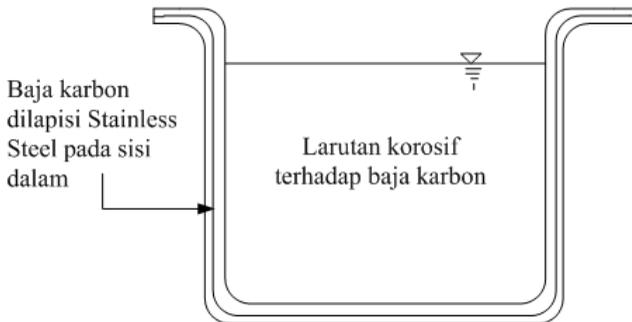
Gambar 2. 7 Komposit Laminar Serat (Sulistijono, 2012)

- Laminat Bimetals*, adalah komposit dengan dua material logam yang umumnya memiliki perbedaan koefisien perpindahan panas Komposit ini diaplikasikan pada beberapa peralatan elektronik sebagai pemutus arus. Sering kali juga dipakai untuk pengendali panas pada suatu sistem.



Gambar 2. 8 Komposit Laminat Bimetals (Sulistijono, 2012)

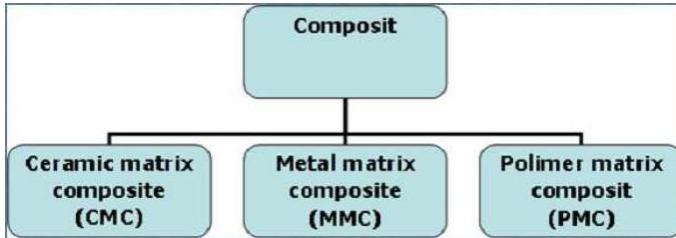
- c. Laminat Clad Metals, adalah penggabungan atau penanaman material satu pada material lain untuk mendapatkan sifat terbaik dari masing-masing material. Komposit ini sering digunakan pada industri kimia dimana komponen baja diketahui memiliki kekuatan yang bagus, tetapi tidak tahan terhadap korosi cairan kimia, sehingga komponen baja tersebut dilapisi dengan logam lain seperti stainless steel atau titanium untuk menghindari korosi pada struktur komponen baja



Gambar 2. 9 Komposir Laminat Clad Metal (Sulistijono, 2012)

2. 1. 4 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks

Secara sederhana klasifikasi komposit berdasarkan penguat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 10 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks (Callister, 2007)

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat, yaitu Metal Matrix Composite (MMC), Polymer Matrix Composite (PMC), Ceramic Matrix Composite (CMC)

2. 1. 4. 1 Metal Matrix Composite (MMC)

Metal Matrix Composite (MMC) adalah komposit yang menggunakan logam, terutama logam yang lunak, sebagai matriks nya. Keuntungan menggunakan jenis komposit ini antara lain temperatur operasi yang tinggi, Tidak mudah terbakar, resistansi tinggi terhadap degradasi oleh fluida organik. Kekurangan MMC yaitu biaya yang lebih mahal daripada jenis lainnya

2. 1. 4. 2 Polymer Matrix Composite (PMC)

Polymer Matrix Composite (PMC) adalah komposit terdiri atas resin sebagai matriks dan fiber atau particulate sebagai filler nya. Keuntungan menggunakan komposit jenis ini antara lain adalah tidak membutuhkan temperature tinggi untuk melelehkan ataupun melunakkan untuk proses pembentukan. Kekurangan PMC yaitu ketahanan terhadap temperature yang rendah.

2. 1. 4. 3 Ceramic Matrix Composite (CMC)

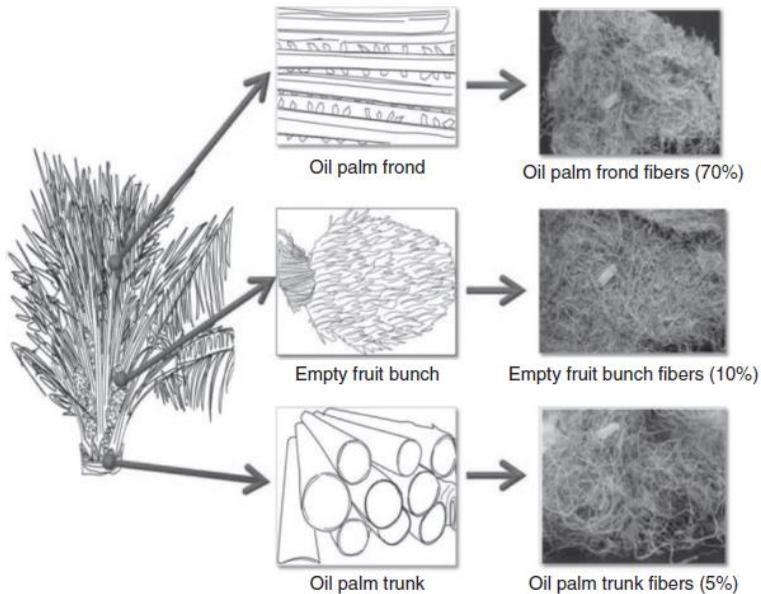
Ceramic Matrix Composite (CMC) adalah jenis komposit yang menggunakan keramik sebagai matriks nya, sedangkan untuk filler nya biasanya menggunakan oksida, nitrida, dan karbida. Keuntungan menggunakan komposit jenis ini antara lain adalah ketangguhan, ketahanan aus, serta ketahanan temperature yang tinggi. Kekurangan CMC yaitu pengaplikasiannya yang terbatas.



2. 2 Serat Alam Kelapa Sawit

Serat alam juga memiliki kelebihan yaitu sifat *Biodegradable* atau material yang dapat terdegradasi oleh aktivitas biologis, dengan kelebihan tersebut, material menjadi ramah lingkungan. Adapun kelebihan serat alam yang lain adalah sifat non-abrasif serat alam terhadap alat-alat pemrosesan, sehingga relatif lebih aman. Selain itu, serat alam juga tidak mengandung partikel-partikel halus yang dapat membahayakan kesehatan (iritasi kulit). Hal ini sangat bertolak belakang dengan sifat serat glass (sintetik) yang sangat abrasif, baik terhadap kulit maupun terhadap peralatan proses. Namun kelemahan serat alam adalah tidak dapat beroperasi pada suhu tinggi. Di alam, berbagai jenis serat alam banyak ditemukan, baik dari serat non organik (asbestos), maupun serat organik (serat hewan dan tumbuhan). Dalam hal pemanfaatannya, ada dua klasifikasi umum untuk tanaman yang memproduksi serat alam yaitu primer dan sekunder. Tanaman primer adalah tanaman yang tumbuh dengan adanya kandungan serat sedangkan tanaman sekunder adalah tanaman yang memproduksi serat sebagai produk sampingan dari pemanfaatan utama tanaman tersebut. Goni, rami, kenaf, sisal, dan kapas adalah contoh dari tanaman primer. Sementara nanas, batang sereal, agave, kelapa sawit, dan sabut adalah contoh tanaman sekunder (Pickering, 2008).

Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai *filler* adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit Akan. Tetapi, ampai saat ini pemanfaatan tandan kelapa sawit masih sebatas pembuatan kompos dan bahan interior dengan cara memisahkan serat-serat tandan kelapa sawit. Meskipun demikian beberapa peneliti sudah mulai menyadari bahwa bentuk serat dan kadungan serat tandan kelapa sawit yaitu selulosa dan hemiselulosa, dapat dimanfaatkan sebagai komponen komposit. Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa serat tandan kelapa sawit dibentuk komposit dengan cara memadukannya dengan matriks thermoset (Bagus, 2011) dan matriks thermoplast (Trisyulianti, 1996).



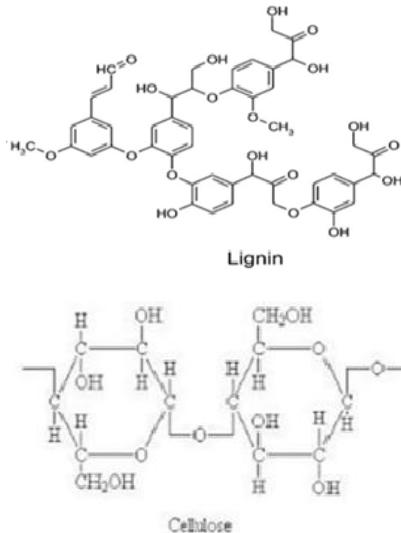
Gambar 2. 11 Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya (Khalil, 2012)

Selulosa dan hemiselulosa dalam tubuh tumbuhan umumnya terbungkus secara fisik oleh lignin dan pectin. Pemisahan lignin dan pectin dari selulosa dapat dilakukan didasari oleh perbedaan kelarutan antara keduanya. Proses yang sering dilakukan untuk memisahkan lignin dan pectin dari selulosa adalah pulping atau *chemical retting*. Pulping merupakan proses pelarutan lignin (delignifikasi) melalui pemasakan bahan dengan larutan pemasak tertentu sedangkan *chemical retting* adalah teknik untuk mendapatkan serat selulosa dari komponen tumbuhan dengan bantuan bahan kimia. Pulping dan *Chemical retting* pada umumnya melibatkan pemanasan sampai suhu 100°C dalam larutan pemasak tertentu seperti NaOH, KOH, atau asam sulfat cair dimana akan terjadi pemutusan ikatan lignin karbohidrat sehingga lignin yang lepas akan larut dalam larutan pemasak



(Heradewi, 2007).

Selulosa adalah polisakarida semi-kristal yang muncul di alam dalam bentuk serat dengan lebar mulai dari 5 sampai 20 μm dan panjang di kisaran 0,5 hingga beberapa milimeter.



Gambar 2. 12 Struktur kimia lignin dan selulosa (Shinoj, 2009)

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia dari Serat Kelapa Sawit (Shinoj, 2009)

Unsur	Persentase (%)
Selulosa	42.7-65
Hemiselulosa	17.1-33.5
Lignin	13.2-25.31
Holonselulosa	68.3-86.3

Tabel 2. 2 Sifat Fisik-Mekanik dari Serat Kelapa Sawit (Shinoj, 2009)

Sifat	Nilai
Diameter (μm)	150-500
Massa Jenis (g/cm^3)	0.7-1.55



Kekuatan Tarik (Mpa)	50-500
Modulus Elastisitas (Gpa)	0.57-9

2. 3 Polypropylene

Plastik adalah polimer rantai-panjang atom yang mengikat satu samalain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, yang disebut monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang. Plastik merupakan senyawa polimer dari turunan-turunan monomer hidrokarbon yang membentuk molekulmolekul dengan rantai panjang dari reaksi polimerisasi adisi atau polimerisasi kondensasi. Sifat-sifat plastik sangat tergantung dengan jumlah molekul dan susunan atom molekul.

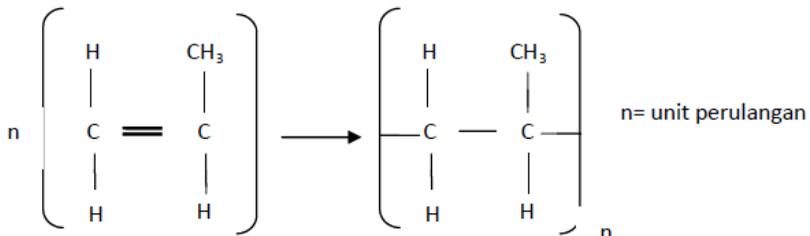
Secara umum plastik digolongkan dalam dua kategori yaitu termoseting dan termoplastik. Termoseting adalah polimer yang berbentuk permanent (*irreversible*) setelah diproses, meskipun di bawah pengaruh panas dan tekanan. Setelah polimerisasi bahan-bahan termoset tetap stabil dan tidak dapat kembali ke bentuk awal, karena sudah membentuk ikatan tiga dimensi yang kokoh dan kuat. Contoh termoseting adalah phenolik, melamin, urea, alkid, dan epoksi. Termoplastik adalah bahan plastik yang sensitif terhadap panas, berwujud padat pada suhu ruang seperti kebanyakan logam. Pemberian panas pada termoplastik akan menyebabkan plastik melunak dan akhirnya meleleh menjadi cair. Contoh termoplastik adalah polyethylene, polypropylene, dan polystyrene. Polypropylene (PP) merupakan jenis polimer termoplastik yang sangat luas penggunaannya karena sangat mudah diproses dengan berbagai macam cara, antara lain proses cetakan, ekstrusi, film, dan serat. Beberapa sifat keunggulan polypropylene antara lain memiliki densitas yang rendah, tahan terhadap suhu tinggi dibanding polyethylene, dan memiliki sifat mekanik yang baik. Polypropylene yang digunakan dalam penelitian ini adalah polypropylene jenis homopolimer. Sifat polypropylene dapat dilihat pada tabel berikut



Tabel 2. 3 Sifat Polypropylene (Mochtar, 2007)

Sifat	Nilai
Kekuatan tarik	31 - 38 MPa
Modulus fleksural	1170 - 1730 MPa
Berat jenis	0.89 - 0.92 g/cm ³
Heat distorsion temperature, 455 kPa	107 - 121 °C
Temperatur transisi gelas	-35 to 26 °C
Temperatur leleh	160 - 170 °C
Mold shrinkage	0.015-0.025

Polypropylene sangat rentan terhadap sinar ultra violet dan oksidasi pada suhu tinggi. Senyawa ini dapat terdegradasi membentuk produk dengan berat molekul rendah. Perbaikan dapat dilakukan dengan menambahkan zat aditif yang digunakan dalam semua komponen polypropylene komersil (Beck, 1980). Umumnya polypropylene memiliki kekakuan (*stiffness*) tinggi, kuat tarik (*tensile strength*) tinggi, dan kekerasan (*hardness*) yang juga tinggi. Struktur molekul polypropylene dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut ini:



Gambar 2. 13 Struktur Kimia dari Polypropylene (Mochtar, 2007)



2.4 Gelombang dan Bunyi

2.4.1 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 :

- Gelombang mekanik:

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

- 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.

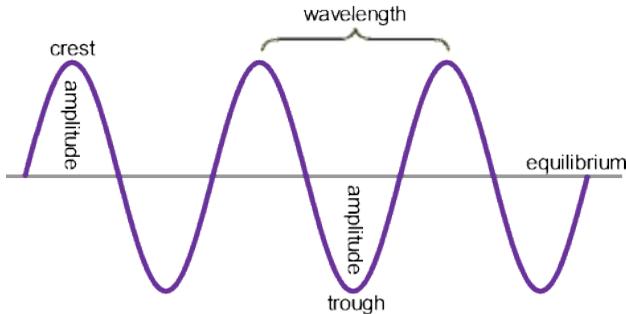
Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Gelombang transversal

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



Transverse Wave



Gambar 2. 14 Gelombang transversal (Richard, 2013)

Keterangan :

λ = panjang gelombang (m)

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

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

$$f = 1/T \quad (1)$$

$$\lambda = v \times T \quad (2)$$

$$\lambda = v/f \quad (3)$$

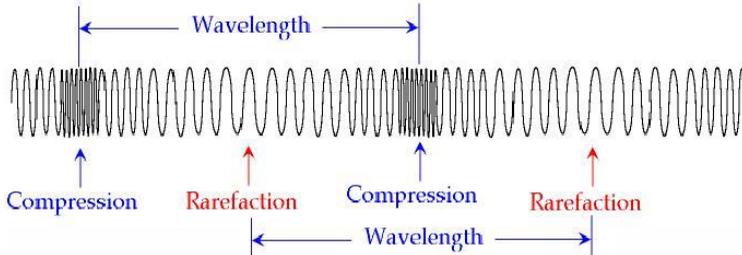
$$v = \lambda \times f \quad (4)$$

- 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. 15 Gelombang longitudinal
(Richard, 2013)

2.4.2 Bunyi

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

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

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

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



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

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

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

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

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

Tabel 2. 4 4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi (Sutrisno, 1988)

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100



Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

2.5 Material Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos*, yang artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Sifat akustik kayu berhubungan dengan produksi bunyi yang diakibatkan oleh benturan langsung, dan bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang dipancarkan melalui udara dan mempengaruhi kayu dalam bentuk gelombang bunyi.

Fenomena suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan, maka suara tersebut akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*), dan diteruskan (*transmitted*) (Ruijgrok, 1993).

Medium gelombang bunyi dapat berupa zat padat, cair, ataupun gas. Frekuensi gelombang bunyi dapat diterima manusia berkisar antara 20 Hz sampai dengan 20 kHz, atau dinamakan sebagai jangkauan yang dapat didengar (*audible range*) (Young dan Freedman, 2003).

Menurut (Lewis dan Douglas, 1993) material akustik dapat dibagi kedalam tiga kategori dasar, yaitu: (1) material penyerap (*absorbing material*), (2) material penghalang (*barrier material*), (3) material peredam (*damping material*). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, epoxy, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (porous) dan berserat (vibrous).

Bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang

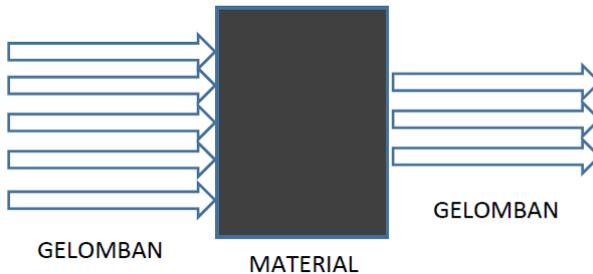


lebih tinggi. Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energy akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (Tsoumis, 1991).

2.6 Koefisien Serap Bunyi

Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan (α). Koefisien serapan (α) dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1. Nilai koefisien serapan 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna (Mediastika, 2009).

Proses penyerapan bunyi dari suatu material terjadi ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Kemudian beberapa gelombang akan diserap dan yang lain diteruskan melewati material tersebut, seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Skema Penyerapan Suara Oleh Material Absorber (Mediastika, 209)

Nilai absorpsivitas suara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\frac{W_a}{W_i}$$



$$\alpha = \quad (2.10)$$

Sementara,

$$W_a = W_i - W_o \quad (2.11)$$

Sehingga

$$\alpha = \frac{W_i - W_o}{W_i} \quad (2.12)$$

Dimana, W_a adalah daya suara yang diserap dengan satuan dB. W_i adalah daya suara yang tiba pada permukaan bahan dengan satuan dB. W_o adalah daya suara yang keluar dari permukaan bahan dengan satuan dB. α adalah nilai koefisien absorbs suara.

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2. 5 Koefisien absorpsi beberapa material (Leslie, 1993)

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.9), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan (R) dan diserap/ditransmisikan (α) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

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



3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ($0 < \alpha < 1$).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi $\rho_1 c_1$ dan $\rho_2 c_2$ seperti pada gambar 2.8, dimana ρ adalah massa jenis material dan c adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika $\rho_1 c_1$ lebih kecil dari $\rho_2 c_2$ kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika $\rho_1 c_1$ lebih besar dari $\rho_2 c_2$ dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika $\rho_1 c_1$ sama besar dengan $\rho_2 c_2$ dan energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

$\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$ akan dipantulkan, $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$ akan diserap, $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$ akan diserap dan dipantulkan

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

$$\alpha = \text{Absorbed Sound Energy} / \text{Incident Sound Energy}$$
$$\alpha = 1 - [R]^2 = 1 - [Z_2 - \rho_1 c_1 / \rho_1 c_1 + Z_2]^2$$

dimana :

$$Z_2 = \rho_2 c_2 = \text{Applied force} / \text{Particle Velocity}$$

= Impedansi pada bahan (kg/m² s = rayls)

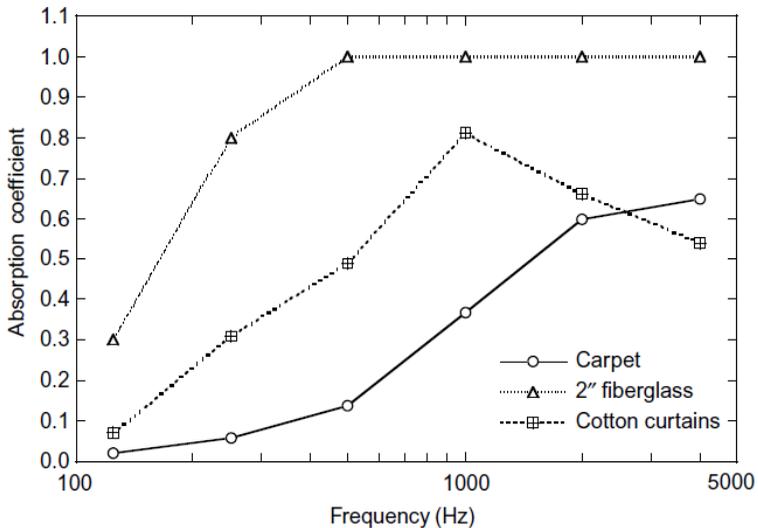
ρ_1 adalah kerapatan udara (kg/m³), ρ_2 adalah kerapatan bahan, C_1 adalah cepat rambat bunyi diudara (m/s) C adalah cepat



rambat bunyi pada bahan Dengan R adalah koefisien refleksi suara, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan gelombang suara yang dipantulkan terhadap tekanan gelombang suara yang datang. Persamaan tersebut menggunakan asumsi bahwa tidak ada suara yang ditransmisikan atau diteruskan.

2.7. Bahan Absorpsi Suara

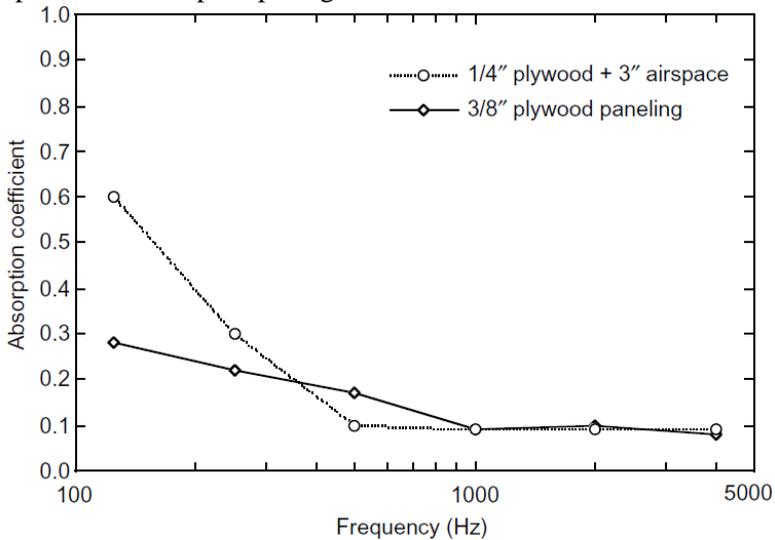
Sementara itu, menurut Howard (2009), jika ditinjau dari karakteristik penyerapan suara, ada 4 jenis material absorbs suara yaitu *porous absorber*, *resonant absorber*, *helmholtz absorber* dan *wideband absorber*. Bahan berpori seperti karpet, korden, foam, glasswool, rockwool, cellulose fiber, dan material lunak lainnya, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energi suara lebih besar di frekuensi tinggi. Tipikal kurva karakteristik penyerapan energi suaranya sebagai fungsi frekuensi, dapat dilihat pada gambar 2.18:



Gambar 2. 17 Karakteristik Penyerapan Suara *Porous Absorber* (Howard, 2009)



Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada gambar 2.19:

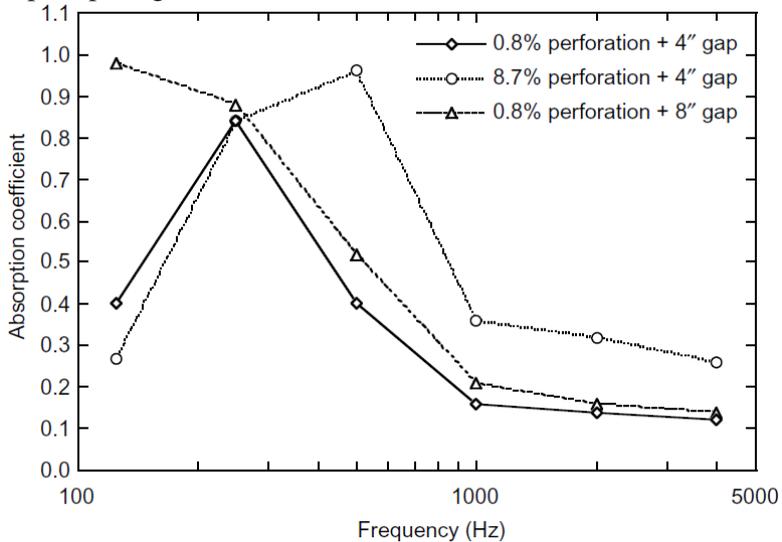


Gambar 2. 18 Karakteristik Penyerapan Suara *Resonant Absorber* (Howard, 2009)

Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah apa yang disebut sebagai Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di “pipa atau leher” diatas bidang berisi udara (bentukan seperti leher botol dsb). Permukaan berlobang seperti *reactive muffler*

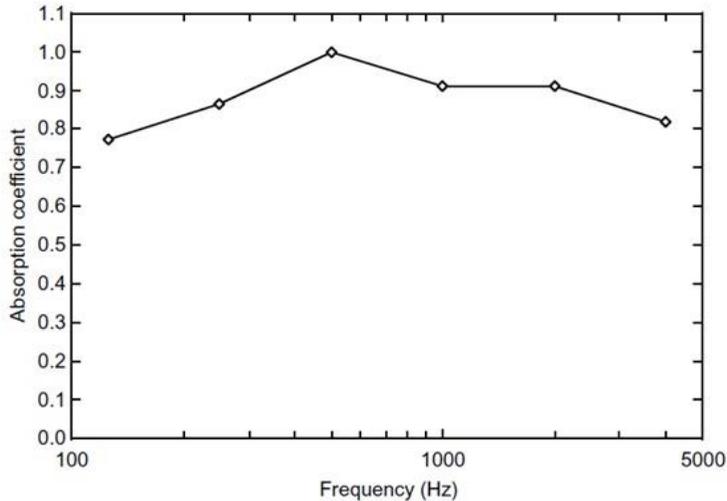


menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher, dan volume ruang udaranya. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada gambar 2.20 di bawah ini



Gambar 2. 19 Karakteristik Penyerapan Suara *Helmholtz Absorber* (Howard, 2009)

Apabila diinginkan sebuah dinding 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 dinding atau partisi besar untuk seluruh daerah frekuensi. Material seperti ini disebut *wideband absorber*. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada gambar 2.13 di bawah ini

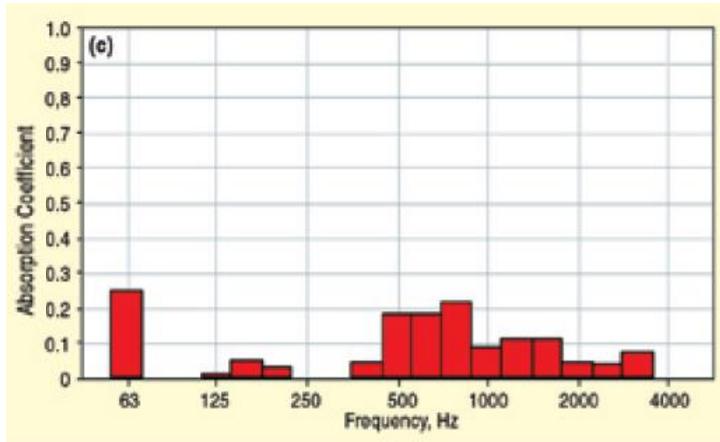


Gambar 2.13 Karakteristik Penyerapan Suara *Wideband Absorber* (Howard, 2009)

2.8 Aplikasi Komposit Pada Door Panel Otomotif

Kebisingan pada kabin kendaraan banyak disebabkan oleh beberapa sumber, seperti suara getaran mesin, suara roda, lalu lintas luar, knalpot, bahkan angin. Hal tersebut sangat mengganggu kenyamanan pengendara di dalam kabin kendaraan (Kiran, 2005)

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Jakob pada tahun 2005, didapatkan bahwa pada aplikasi *door panel*, koefisien absorpsi suara pada rentang pita 1/3 oktaf memiliki nilai seperti yang ditunjukkan pada grafik 2.1. Jika diambil nilai koefisien absorpsi tertinggi sebagai standar, maka nilai koefisien absorpsi standar door panel mobil bernilai sekitar 0,2-0,3



Gambar 2. 20 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Absorpsi Suara Aplikasi Doorpanel (Jakob, 2005)

Salah satu contoh nyata pengaplikasian komposit dengan perpaduan antara polimer termoplastik dengan serat alam adalah produk *FlexForm*. *Flexform* merupakan komposit yang dibuat dari serat alam seperti *kenaf*, *hemp flax*, *jute* dan *sisal* yang dipadukan dengan matriks polimer termoplastik seperti *polypropylene* dan *polyester*. Produk ini telah digunakan untuk interior door panel di berbagai merk mobil terkenal seperti Mercedes-Benz, Ford ataupun Cadillac. Tabel 2.6 menunjukkan *properties* dari komposit *FlexForm* untuk aplikasi *doorpanel* tersebut.

Tabel 2. 6 *Properties* komposit *FlexForm*

Nama Komposit	<i>Density</i> (gr/cm^3)	<i>Flexural Strength</i> (<i>MPa</i>)	<i>Flexural Modulus</i> (<i>Mpa</i>)
<i>FlexForm</i> ®	0,9	21	1793



2.9 Penelitian Terdahulu Komposit Serat Alam

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode	Hasil Pengujian	
			Uji Absorbansi Suara	Uji Sifat Mekanik
Bella dan Farid	Serat bambu betung dan rami dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	1. Pada frekuensi 500 Hz, nilai α sebesar 0,347 2. Pada frekuensi 1000 Hz, nilai α sebesar 0,376 3. Pada frekuensi 2000 Hz, nilai α sebesar 0,404 4. Pada frekuensi 4000 Hz, nilai α sebesar 0,435	—
Suban dan Farid	Serat ampas tebu dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	1. Pada frekuensi 500 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,665 2. Pada frekuensi 1000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,132	1. Pada uji lentur didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,73 Mpa 2. Pada uji tekan didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,74 Mpa



			<p>3. Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,090</p> <p>4. Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,110</p>	
Agung dan Farid	Serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks gypsum	Metode hand lay-up	<p>1. Pada frekuensi 630 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,354</p> <p>2. Pada frekuensi 1250 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,385</p> <p>3. Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,380</p> <p>4. Pada frekuensi 3150 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,416</p> <p>5. Pada frekuensi 4000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,424</p>	<p>1. Pada uji lentur didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,71 Mpa</p> <p>2. Pada uji tekan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,63 Mpa</p>



<p>M. Khalid (2006)</p>	<p><i>Oil Palm Fiber Empty Fruit Bunches/ Polypropylene with MAPP Coupling Agent</i></p>	<p>Twin Screw Extruder & Hot Press</p>		<p>1. Menggunakan 30% serat OPEBF dan 70% PP, didapatkan persentase dari MAPP yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan mekanik komposit yaitu sebesar 2%</p> <p>2. kekuatan meningkat sekitar 58% pada penambahan MAPP 2%</p>
<p>Eben dan Farid (2016)</p>	<p><i>Rami- Bambu Betung /Polypropylene</i></p>	<p>Oven</p>	<p>1. Nilai koefisien absorpsi suara (α) berada pada nilai paling tinggi pada spesimen 5%B/15%R-80%PP, dan nilai α paling rendah terdapat pada spesimen 15%B/5%R-</p>	<p>-</p>



			<p>80% PP.</p> <p>2. Nilai α dari ketiga komposit pada frekuensi 250-4000 Hz lebih besar dari 0,15 sehingga telah memenuhi standar ISO 11654, dan termasuk material absorpsi kelas D.</p> <p>3. Ketiga specimen memperlihatkan pola yang sama yaitu nilai α semakin tinggi pada frekuensi semakin tinggi.</p>	
Farid, Hosta, Vania Mitha	Serat Bambu dan rami dengan matriks resin - polyester		<p>1. Dengan aspek rasio 90, nilai α serat rami mencapai 0.836 pada frekuensi 125 Hz</p> <p>2. Serat bamboo menca-</p>	



			<p>nilai α 0.972 pada frekuensi 1000Hz</p>	
<p>Erdin dan Farid</p>	<p><i>Serat Bambu/Polyurethane</i></p>	<p>Hand Lay-up</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Komposit serat bambu dengan <i>polyurethane</i> mempunyai kemampuan penyerapan suara yang berbeda-beda pada frekuensi tertentu. 2. Pada frekuensi 500 Hz, nilai α (koefisien absorpsi) sebesar 0,404. 3. Seiring bertambahnya frekuensi, besar α pun meningkat. Pada frekuensi 2000 Hz, nilai rata-rata α sebesar 0,428 dan frekuensi 4000 Hz, 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai kekuatan lentur komposit PU berpenguat serat bambu mengalami kenaikan kekuatan lentur seiring penambahan fraksi massa seratnya. 2. Nilai kekuatan lentur komposit PU berpenguat serat bambu terbesar untuk metode hand lay-up sebesar 19.142 Mpa.

Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi



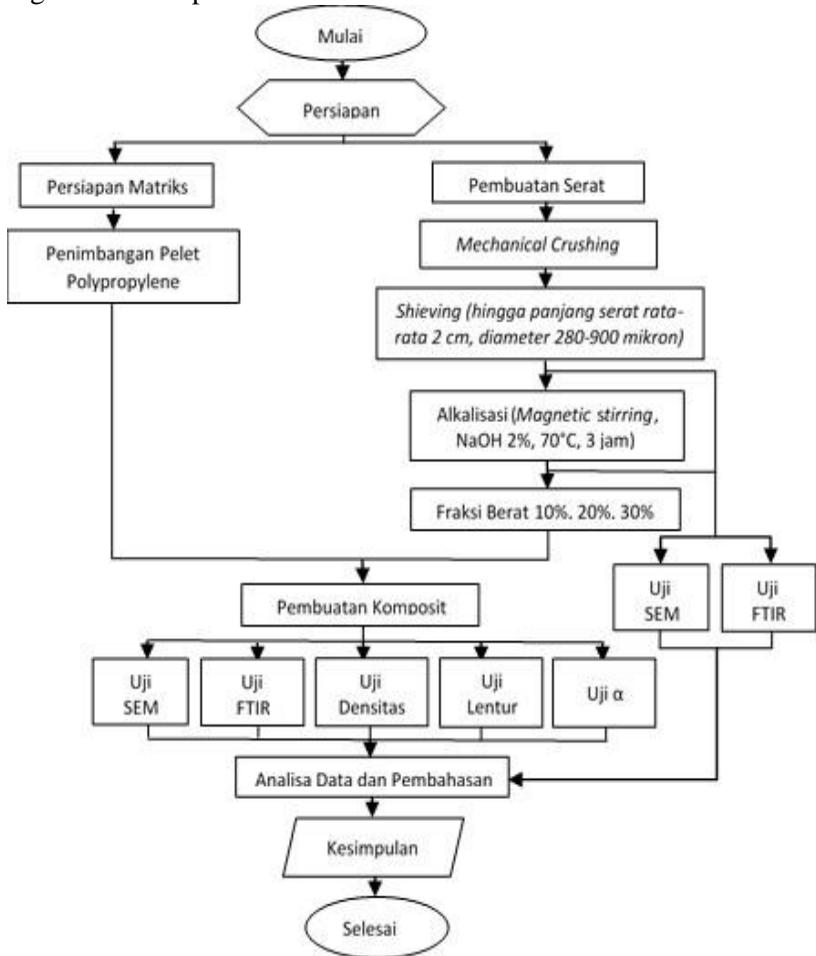
			nilai rata-rata α sebesar 0,435.	
--	--	--	---	--

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1 di bawah:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Percobaan



3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Mesin pencacah organik

Mesin pencacah organik yang digunakan milik Laboratorium Kimia dan Bahan Alam milik Jurusan Teknik Kimia FMIPA ITS



Gambar 3. 2 Alat Pencacah Organik

2. Mesin sieving

Mesin sieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material milik Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3. 3 Alat *Sieving*

3. Hot plate dan magnetic stirrer

Hot plate dan magnetic stirrer yang digunakan milik



Laboratorium Inovasi Material milik Jurusan Teknik
Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3. 4 Hot Plate dan Magnetic Stirrer

4. Cetakan Spesimen
Cetakan spesimen digunakan untuk mencetak spesimen komposit yang akan dibentuk. Cetakan ini dilapisi aluminium foil pada dinding dan dasarnya untuk mencegah spesimen keluar melalui lubang-lubang di bagian bawah dinding cetakan.



Gambar 3. 5 Cetakan spesimen uji absorpsi suara

5. Hand truder Model PM-1, Toyoseiki
Hot plate dan magnetic stirrer yang digunakan milik Laboratorium Inovasi Material milik Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS
6. Timbangan digital
Timbangan digital berfungsi untuk menimbang serat



dan serbuk polypropylene yang akan digunakan



Gambar 3. 6 Timbangan Digital

7. Nampan oven
Nampan oven digunakan untuk menaruh cetakan saat diletakkan di dalam oven
8. Gergaji
Gergaji digunakan untuk memotong spesimen sesuai dimensi yang diinginkan
9. Penggaris
Penggaris digunakan untuk dimensi spesimen
10. Oven
Oven yang digunakan milik laboratorium Material Inovatif di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 3. 7 Oven



11. Alat Uji SEM

Mesin Uji SEM yang digunakan milik laboratorium Karakterisasi Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 3. 8 Alat Uji SEM

12. Alat Uji FTIR

Alat uji FTIR yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3. 9 Alat Uji FTIR

13. Alat Uji Absorpsi Suara

Mesin Uji Absorpsi Suara milik laboratorium Akustik Material di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS



Gambar 3. 10 Alat Uji Absorpsi Suara

14. Alat Uji Flexural

Alat uji flexural yang digunakan milik Laboratorium Universitas Airlangga



Gambar 3. 11 Alat Uji Flexural

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

1. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 3. 12 Serat Tandan Kosong kelapa Sawit

2. Polypropylene Pelet



Gambar 3. 13 Polypropylene pelet

4. Air



Gambar 3. 14 Air



5. Sodium Hidroksida/NaOH



Gambar 3. 15 NaOH

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi berat serat masing-masing komposisi sebesar 10%, 20% dan 30%

3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan:

Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian

No	Spesimen Uji	Pengujian				
		SEM	FTIR	ρ	Flexural	α
1	PP+ 5%STKKS	-	-	v	v	v
2	PP+ 10%STKKS	-	-	v	v	v
3	PP+ 15%STKKS	v	v	v	v	v
4	STKKS	v	v	-	-	-
5	PP	-	v	v	v	v



3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

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

3.5.1.1 Pengolahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

1. Menjemur Tandan Kosong Sawit (TKS) selama ± 2 hari untuk menghilangkan kelembaban.
2. Membersihkan serat TKS dari pengotor dengan air bersih
3. Mengeringkan serat TKS dengan menggunakan oven dengan temperatur 90°C
4. Melakukan mechanical crushing dengan mesin pencacah organik
5. Serat di-meshing untuk mendapatkan ukuran yang homogen dengan rentang ukuran antara 280 mikron hingga 900 mikron
6. Melakukan alkalisasi pada serat TKS dengan NaOH 2% selama 3 jam pada temperatur 70°C menggunakan magnetic stirrer
7. Mencuci sampel hasil alkalisasi dengan air distilasi sampai pengotor pada permukaan hilang
8. Menghilangkan kadar air serat dengan cara di-oven dengan temperature 105°C

3.5.1.3 Pengolahan Matriks Polypropylene

1. Polypropylene dalam bentuk butiran dimasukkan dalam suatu wadah, lalu ditimbang sesuai perhitungan masing-masing spesimen menggunakan timbangan digital



3.5.1.4 Pembuatan Cetakan

1. Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng dengan diameter 10 cm dan tinggi 1 cm

3.5.1.5 Pembuatan Komposit

1. Pembuatan Spesimen Uji Absorpsi
 1. Melakukan dry blending yaitu pencampuran kering terhadap polypropylene dan serat tandan kosong kelapa sawit secara mekanik tanpa ada pelelehan. Proses ini dilakukan guna menjadikan distribusi campuran lebih homogen. Pencampuran dilakukan selama 2 menit untuk setiap formula
 2. Hasil dari dry blending dimasukkan kedalam cetakan.
 3. Oven dipanaskan hingga mencapai temperatur 180°C
 4. Cetakan dimasukkan kedalam oven dan didiamkan selama ± 20 menit.
 5. Cetakan dikeluarkan dari oven dan ditekan dengan baja berdiameter 11 cm dengan tekanan hingga spesimen mampat dan dibiarkan pada temperatur ruang
 6. Setelah spesimen mengering dan mengeras, cetakan diambil dan dibongkar
 7. Spesimen dihaluskan permukaannya dengan menggunakan amplas
2. Pembuatan Spesimen Uji Flexural
 1. Melakukan dry blending yaitu pencampuran kering terhadap polypropylene dan serat tandan kosong kelapa sawit secara mekanik tanpa ada pelelehan. Proses ini dilakukan guna menjadikan distribusi campuran lebih homogen. Pencampuran dilakukan selama 2 menit untuk setiap formula
 2. Mengatur temperatur pemanasan pada 180°C dan setelah temperatur stabil, pellet dan serat dimasukkan pada silinder dengan memberi tekanan hingga detektor pada penggaris menunjukkan angka ± 110 lalu



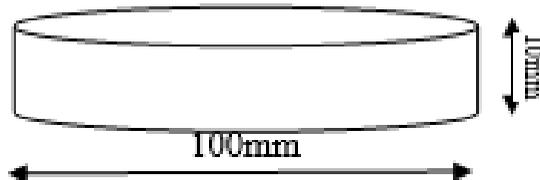
- membiarkan ± 5 menit agar semua pellet meleleh.
3. Setelah leleh, beri tekanan untuk membuang sisa pengotor yang ada dalam silinder. Membuka molder dan dinaikkan sehingga tempat keluar dan masuk resin terhubung. Memberi tekanan pada pellet hingga detektor menunjukkan angka ± 5 . Menurunkan molder dengan mengatur temperatur molder pada $\pm 80^{\circ}\text{C}$ dan melakukan pendinginan hingga temperatur ruangan. Mengaliri udara dengan compressor melalui nozzle pendingin agar pendinginan semakin cepat. Menunggu temperatur molder stabil kemudian membuka molder.

3.5.2 Proses Pengujian

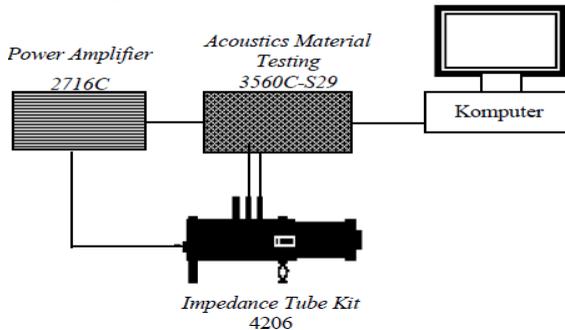
Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impedansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3. 16 Dimensi Spesimen Absorpsi Suara



Gambar 3.17 Dimensi Spesimen dan Rangkaian alat uji absorpsi suara

Rangkaian alat terdiri dari:

1. *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
2. *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
3. *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
4. *Komputer*: Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian.

Pengujian Absorpsi adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap (dipantulkan seluruhnya) sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala



tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter



Gambar 3.18 Spesimen Uji Absorpsi Suara

3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM memiliki tujuan untuk mengetahui morfologi (struktur permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809.

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron yang ditangkap oleh detektor sehingga dapat membentuk membentuk suatu gambar yang nampak seperti 3 dimensi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan berupa lembaran yang dilengketkan pada holder dengan menggunakan selotip karbon double tape. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis autofine-coater JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20). Lalu, sampel dimasukkan dalam specimen chamber pada alat SEM. Perbesaran yang digunakan adalah



50-250 kali. Untuk mengurangi *noise* pada gambar digunakan SmartScan™

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar 3.16 Alat uji SEM

3.5.2.3 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada kelapa sawit. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari serat kelapa sawit serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10. Sampel



diletakkan sample holder, kemudian detector didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

Cara kerja mesin FTIR secara umum adalah mula-mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.

Standar yang digunakan adalah ASTM E1252. Sampel, yang dapat dengan mudah diuji oleh FTIR, termasuk pelet polimer, bagian, sampel buram, serat, bubuk, pelapis kawat, dan cairan. Scan inframerah yang khas dihasilkan di wilayah pertengahan inframerah dari spektrum cahaya. Daerah pertengahan inframerah adalah $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ wavenumbers, yang sama dengan panjang gelombang 2,5 sampai 25 mikron (10^{-3}mm).



Gambar 3. 17 Alat Uji FTIR

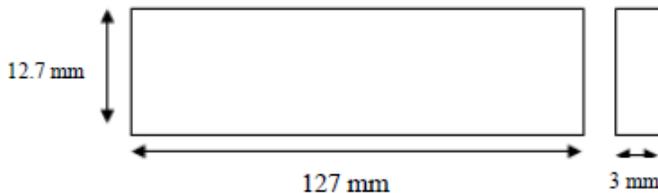
3.5.2.4 Pengujian Flexural

Nilai kelenturan digunakan untuk menunjukkan



kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan ini dilakukan dengan metode three point bend. Specimen diletakkan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah specimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending di Universitas Airlangga.

Prosedur pengujian berdasarkan Standar ASTM D790 dimana dimensi specimen yang diuji ialah sebesar 127x12,7x3 mm yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 3.17 Dimensi Spesimen Uji Kelenturan

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

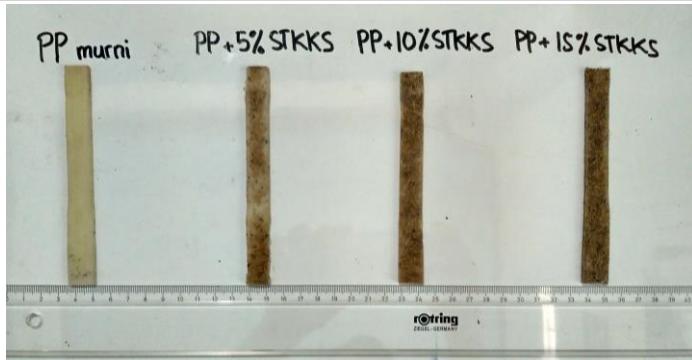
$$\sigma_f = (3 PL / 2 bd^2) \quad (3.1)$$

Keterangan:

- σ_f = Kekuatan Lentur (MPa)
- L = Support Span (mm)
- P = Beban Patah (N)
- b = Lebar Spesimen (mm)
- d = Tebal Spesimen (mm)

Kondisi pengujian ini adalah sebagai berikut.

- Grip to grip separation : 54 mm
- Speed Flexural Modulus : 1.3 mm/min
- Test Speed : 1.3 mm/min
- Force Shutdown Threshold : 80% F max
- Max. Deformation : 12 mm



Gambar 3.18 Spesimen Uji Kelenturan

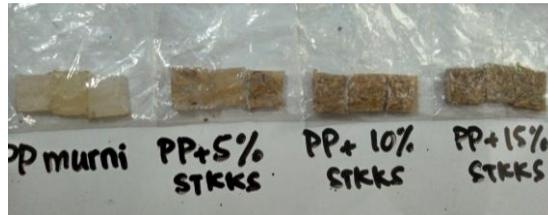
3.5.2.4 Pengujian Densitas

Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa dan volume dari masing-masing spesimen komposit dengan menggunakan prinsip Archimedes. Standar pengujiannya menggunakan ASTM D792.

Pengujian densitas ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat terhadap massa jenis dari komposit. Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang di udara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan *sinker* berupa kawat. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel, dan tahap terakhir yaitu menghitung nilai rata-ratanya.



Gambar 3.31 Pengujian Densitas



Gambar 3.31 Spesimen Uji Densitas

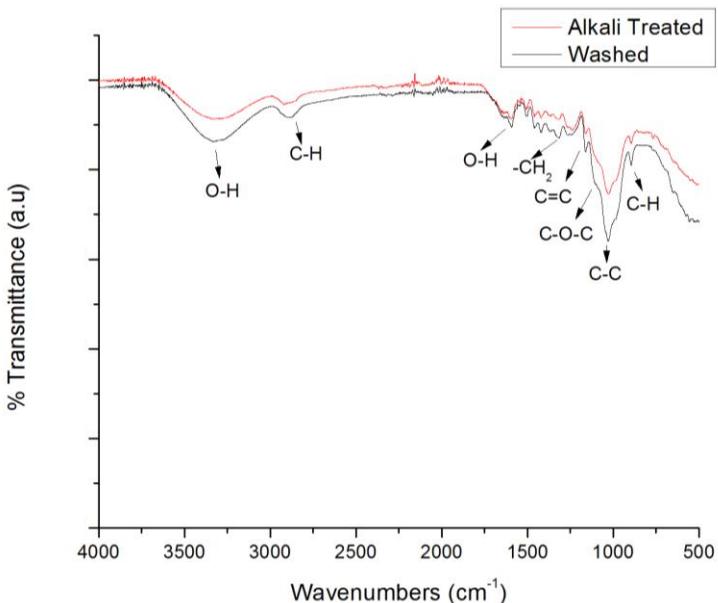
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hasil FTIR

Dalam uji FTIR yang akan diuji adalah serat tandan kosong kelapa sawit (STKKS) tanpa perlakuan, STKKS dengan perlakuan alkali, polypropylene serta polypropylene/STKKS. Masing masing sample diuji dan dianalisa FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sample dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sample tersebut.

4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (STKKS) mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa (Shinoj, 2011). Gambar 4.1 menunjukkan pengujian FTIR pada serat kelapa sawit.



Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR pada Serat TKKS *Washed* dan *Alkali Treated*



Puncak pada *wavenumber* antara 3000 dan 3500 cm^{-1} mengindikasikan ikatan O-H yang mengalami peregangan akibat pengaruh alkalisasi. Alkalisasi mengurangi ikatan hidrogen karena gugus hidroksil bereaksi dengan sodium hidroksida. Hal ini menyebabkan meningkatnya konsentrasi $-\text{OH}$ jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan (Lojewska, 2005). Puncak serapan sekitar 2900 cm^{-1} menunjukkan peregangan gugus alifatik C-H (B. Shanmugarajah, 2015). Ikatan $-\text{OH}$ deformasi pada daerah serapan sekitar 1590 cm^{-1} menunjukkan penyerapan air oleh selulosa (Lojewska, 2005). Daerah serapan sekitar 1420 cm^{-1} menunjukkan ikatan $-\text{CH}_2$ yang berdeformasi dalam selulosa. Daerah ini menunjukkan area kristalin, dimana daerah serapan akan meningkat seiring dengan proses pemurnian (L. Alves, 2014). Ikatan C-O-C yang mengalami peregangan didapat pada daerah serapan sekitar 1161 cm^{-1} . Pada puncak sekitar 1027 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-C yang mengalami peregangan. Puncak pada daerah serapan sekitar 896 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H deformasi (Shanmugarajah, 2015). Lignin ditunjukkan oleh adanya peak pada rentang 1200-1300 cm^{-1} dengan gugus aromatik C=C. Dapat dilihat pada rentang rentang 1200-1300 cm^{-1} , masih terdapat peak dengan intensitas yang berkurang yang mengindikasikan perlakuan alkali yang kurang optimal sehingga tidak menghilangkan lignin seluruhnya namun hanya mengurangi kadar dari lignin (Hongchang, 2015). Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dari uji FTIR ini serat tandan kosong kelapa sawit dialkalisasi secara kurang optimal dengan masih menyisakan sebagian kadar lignin yang ditunjukkan dengan masih terdapatnya peak pada rentang 1200-1300 cm^{-1} .

Tabel 4. 1 Daerah Serapan Infra Merah Serat TKKS *Washed* dan *Alkali Treated*

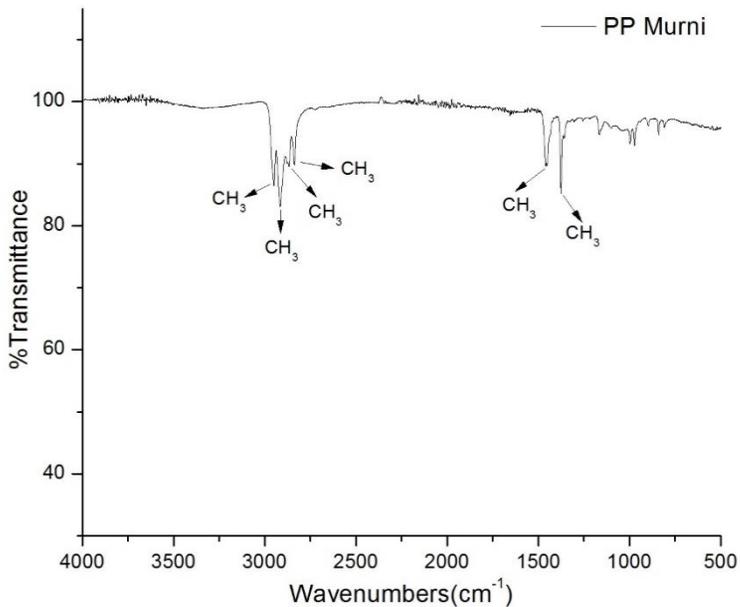
Daerah Serapan (cm^{-1})		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
<i>Washed</i>	Alkali	
3322,84	3333,30	O-H <i>stretching</i>
2918,62	2884,83	C-H <i>stretching</i>



1593,46	1592,74	O-H deformasi
1420,29	1420,32	-CH ₂ deformasi
1238,97	1264,50	C=C cincin aromatik
1161,32	1161,69	C-O-C <i>stretching</i>
1027,49	1028,63	C-C <i>stretching</i>
895,52	895,57	C-H deformasi

4.1.2 Analisis Hasil FTIR Polypropylene

Pada satu unit molekul rantai *polypropylene* terdapat ikatan CH₂ dan CH₃ (Wieslawa, 2012). Gambar 4.2 menunjukkan pengujian FTIR pada polypropylene murni.



Gambar 4. 2 Hasil Uji FTIR pada *Polypropylene* Murni

Tabel 4.2 menunjukkan daerah serapan dari hasil pengujian FTIR terhadap PP dan Komposit PP/STKKS. Spektra FTIR menunjukkan adanya serapan pada daerah bilangan



gelombang 2948,78; 2915,75; 2866,97 menunjukkan ikatan $-CH_3$ dan CH_2 stretching dalam *Aliphatic compound*; 1375,64 menunjukkan ikatan CH_3 deformasi; 1457,62 menunjukkan ikatan $-CH_3$ dan CH_2 deformasi.

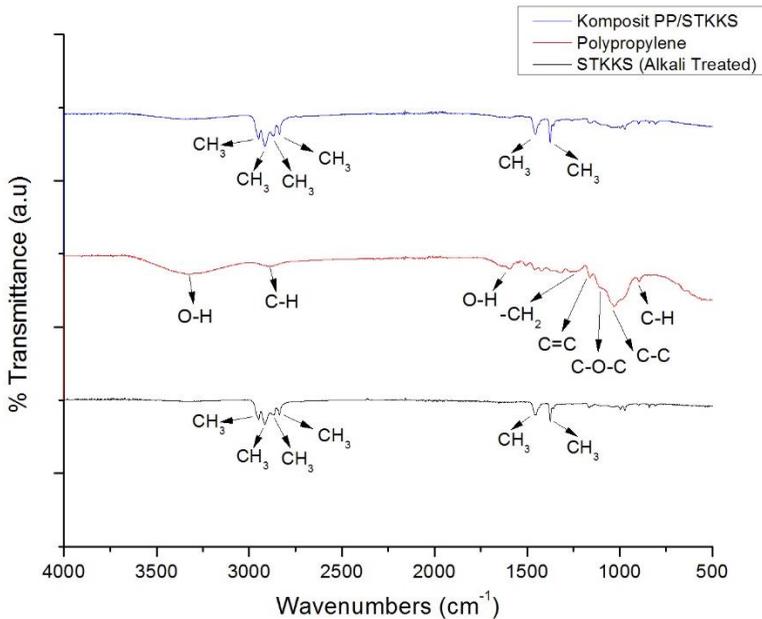
Tabel 4. 2 Daerah Serapan Infra Merah *Polypropylene* Murni

Daerah Serapan (cm^{-1})	Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
1375,64	CH_3 deformasi
1457,62	CH_2 deformasi CH_3 deformasi
2866,97	$-CH_3$ stretching $-CH_2$ stretching
2915,75	$-CH_3$ stretching $-CH_2$ stretching
2948,78	$-CH_3$ stretching $-CH_2$ stretching

4.1.3 Analisis Perbandingan Hasil Uji FTIR pada Filler STKKS, Matriks PP dan Komposit PP/STKKS

Komposit merupakan suatu material yang dibuat dengan cara mencampurkan kedua bahan yaitu matriks sebagai pengikat antar komponen dan reinforcement sebagai penguat atau filler. Dari hasil uji FTIR ini akan dianalisa perbandingan antara filler serat tandan kosong kelapa sawit (STKKS), matriks *polypropylene* dan komposit *polypropylene*/STKKS. Analisa ini bertujuan untuk membuktikan bahwa tidak terjadi reaksi antara matriks dengan seratnya.

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan antara komposit *polypropylene* (PP), serat tandan kosong kelapa sawit (STKKS) dan komposit PP/STKKS. Grafik daerah serapan untuk komposit PP/STKKS hanya terlihat adanya sedikit pergeseran transmitansi daerah serapan dan tidak memunculkan peak baru, hal tersebut mengindikasikan tidak terjadi reaksi kimia antara matriks dan penguatnya



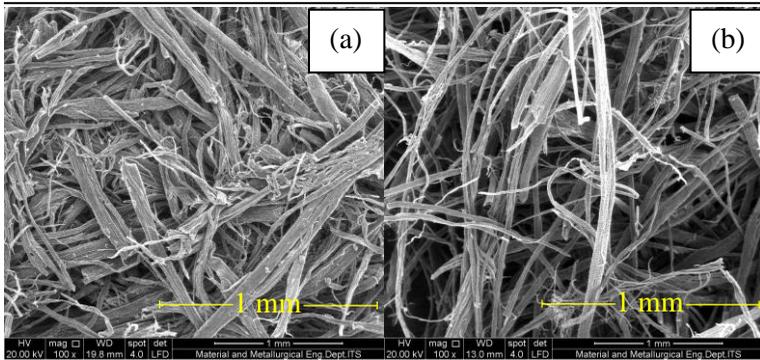
Gambar 4. 3 Perbandingan Hasil Uji FTIR pada Filler STKKS, Matriks PP dan Komposit PP/STKKS

4.2. Analisis Morfologi

Pengujian *Scanning Electron Microscope* akan memperlihatkan morfologi dari komposit PP/STKKS ditunjukkan dengan foto material tersebut dengan perbesaran berukuran mikron.

Proses pengambilan gambar morfologi komposit PP/STKKS ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Pada pengujian SEM ini spesimen komposit PP/STKKS dilapisi dengan coating AuPd. Setelah itu spesimen di masukkan ke dalam alat uji SEM dan diambil gambar.

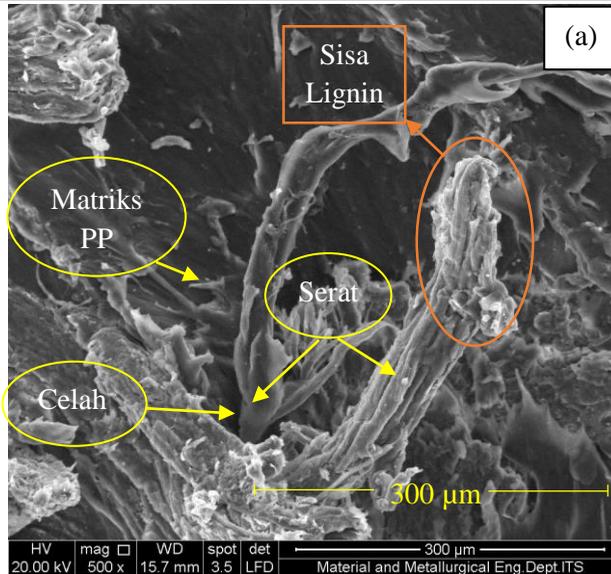
Untuk hasil pengujian SEM komposit Serta Tandan Kosong Kelapa Sawit tanpa perlakuan dan dengan perlakuan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 4 Hasil SEM (a) serat tanpa perlakuan dan (b) serat dengan perlakuan alkali perbesaran 100x

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa dengan perlakuan alkali, serat mengalami fibrilasi. Fibrilasi adalah penguraian dari serat bundel menjadi serat kecil dan halus. Setiap unit sel serat terdiri dari selulosa mikrofibril kecil yang dikelilingi dan direkatkan bersama-sama dengan lignin dan hemiselulosa. Selama perlakuan alkali serat, alkali menyebabkan kekacauan struktur serat dengan melarutkan lignin dan hemiselulosa yang mengakibatkan pemisahan serat menjadi serat halus (Gassan dan Bledzki, 1999). Alkali juga menyebabkan morfologi permukaan serat yang lebih kasar dibandingkan dengan tanpa perlakuan karena penghapusan hemiselulosa dan permukaan lainnya kotor seperti lilin, pektin, zat lemak (tyloses) dll (Prasad et al., 1983). Permukaan yang lebih kasar akan meningkatkan *surface area* dari serat. Dapat diamati juga bahwa ukuran diameter serat mengalami pengurangan dikarenakan adanya penghilangan lignin dan hemiselulosa dari permukaan serat (Reddy et al. 2012)

Untuk hasil pengujian SEM komposit PP/STKKS dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 5 Hasil SEM komposit PP/15%STKKS perbesaran 500x

Pada gambar 4.5 dengan perbesaran 500x, dapat dilihat masih terdapat lapisan lignin yang tersisa akibat perlakuan alkali yang kurang optimal, analisa FTIR menunjukkan masih terdapatnya peak pada rentang $1200-1300\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan lignin yang tersisa akibat perlakuan alkali yang kurang optimal.

Pada gambar 4.5 dapat dilihat matriks dan serat tidak berikatan secara kimia dan didukung oleh analisa FTIR sebelumnya, *filler* STKKS dan *matrix* PP hanya saling mengisi satu sama lain. Diantara perbatasan antara matriks dan serat, terdapat daerah berwarna hitam yang menunjukkan celah/pori. Berdasarkan penelitian (Jayaraman, 2005), absorpsi suara dihasilkan dari penghamburan energi akustik menjadi panas. Mekanisme penghamburan suara adalah ketika suara memasuki material berpori, molekul udara beresilasi diantara pori-pori tersebut. Osilasi menyebabkan gesekan sehingga timbul panas



sehingga energi suara berubah menjadi energi panas. Selain itu osilasi ini juga menyebabkan berubahnya arah dari gelombang suara tersebut, dan menghamburkannya ke segala arah sehingga gelombang suara kehilangan momentum untuk memantul ke arah datang. Sehingga dapat disimpulkan pori pada suatu material berperan besar dalam absorpsi suara material tersebut.

4.3. Analisis Densitas

Pengujian densitas ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat terhadap massa jenis dari komposit. Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang diudara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan *sinker* berupa kawat. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air, kemudain dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel, dan tahap terakhir yaitu menghitung nilai rata-ratanya.

Tabel 4.4 menunjukkan data hasil uji densitas pada komposit PP/STKKS. Pada sampel PP tanpa penambahan serat, didapatkan nilai densitas sebesar 0.972 gr/cm^3 . Sementara itu, nilai densitas dari komposit dengan penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit 5%, 10% dan 15% berturut-turut adalah 0.984 gr/cm^3 , 1.0005 gr/cm^3 , 1.025 gr/cm^3 . Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai densitas akan semakin naik seiring dengan penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (STKKS).

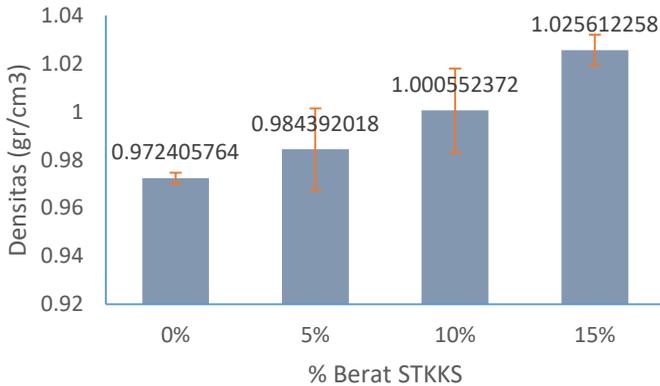
Tabel 4. 3 Data Hasil Uji Densitas Komposit PP/STKKS

Fraksi Massa Serat Tandan Kosong (%)	Densitas (gr/cm^3)
0	$0.972405764 \pm 0.002272781$
5	$0.984392018 \pm 0.016998666$
10	$1.000552372 \pm 0.017465444$



15	$1.025612258 \pm 0.006370422$
----	-------------------------------

Hasil tersebut didapat, massa jenis meningkat seiring dengan meningkatnya persen berat serat. Peningkatan massa jenis tersebut, menunjukkan adanya adhesi *interface* yang lebih baik antara STKKS yang telah diberi perlakuan dengan matriks polypropylene dibandingkan dengan STKKS dengan tanpa adanya perlakuan (Shinoj et al., 2010). Data hasil uji densitas secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Uji Densitas Komposit PP/STKKS

4.4. Analisis Koefisien Absorpsi Suara

Pengujian Absorpsi merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Pada pengujian absorpsi suara ini mengacu pada ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan nilai α (koefisien penyerapan material terhadap bunyi), semakin besar nilai α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1.

Berikut di bawah ini hasil pengujian koefisien absorpsi suara dari material komposit polypropylene dengan serat tandan kosong kelapa sawit.

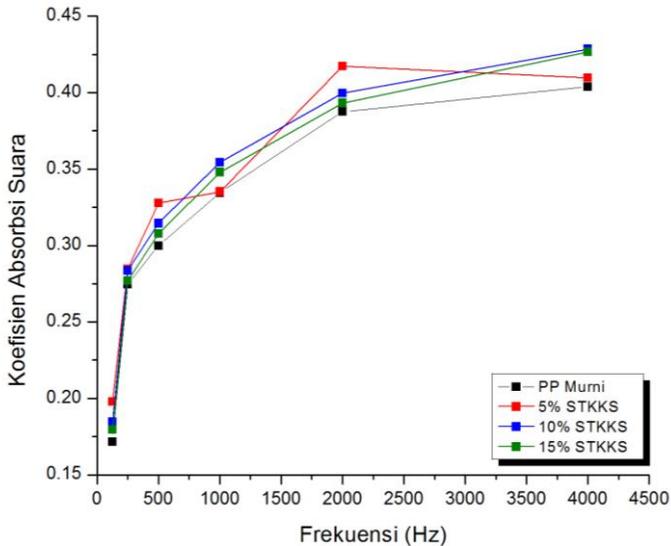


Tabel 4. 4 Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit PP/STKKS

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi Suara (α)			
	PP Murni	PP/ 5% STKKS	PP/ 10% STKKS	PP/ 15% STKKS
125	0.17179	0.19789	0.18455	0.17972
250	0.27465	0.28467	0.2834	0.27708
500	0.29989	0.32788	0.31447	0.30786
1000	0.33453	0.33517	0.35445	0.34798
2000	0.38756	0.41732	0.39949	0.3933
4000	0.40398	0.40962	0.42853	0.42647

Tabel 4.5 menunjukkan hasil dari pengujian absorpsi suara. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai koefisien absorpsi suara setiap sampel berbeda seiring dengan perbedaan frekuensi dan fraksi massa serat. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi dari masing-masing sampel yang menyebabkan perbedaan kerapatan, atau bisa juga ketidakhomogenan dari sampel tersebut yang disebabkan oleh tidak meratanya persebaran serat hingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi suara (Yusuf dan Farid, 2016).

Dari analisa hasil koefisien absorpsi tabel 4.5. diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Absorpsi Suara

Dapat dilihat dari grafik, PP murni memiliki nilai absorpsi suara yang paling rendah dibandingkan dengan komposit PP/STKKS di berbagai rentang frekuensi. Dengan penambahan serat, nilai absorpsi pun semakin naik diakibatkan adanya rongga atau porositas yang terbentuk di perbatasan antara permukaan matriks dan filler. Pada penambahan 5% STKKS, koefisien absorpsi menurun pada frekuensi 4000 Hz. Penurunan nilai koefisien absorpsi ini disebabkan karena partikel telah jenuh maka terjadi pembuangan energi yang mengakibatkan koefisien absorpsi menurun (Sinaga, 2012). Pada penambahan 10% STKKS dan 15% STKKS, nilai koefisien absorpsi suara penambahan 10% STKKS cenderung memiliki tren yang lebih baik di tiap frekuensinya daripada penambahan 15% STKKS. Hal tersebut dikarenakan komposit PP/ 10% STKKS memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan komposit PP/ 15% STKKS. Densitas yang rendah cenderung memiliki banyak rongga atau porositas yang banyak, sehingga bunyi lebih mudah masuk ke material dan



diserap langsung oleh sampel (Vonny dan Elvasver, 2015). Yusril pada tahun 2013 juga mengatakan bahwa setiap penambahan fraksi *filler* belum tentu menaikkan nilai α , karena fraksi *filler* yang tinggi akan cenderung tidak homogen distribusinya, atau bisa dibidang teraglomerasi pada satu titik. Hal ini berpengaruh pada nilai α .

Jakob Morkholt, pada European Union research project Cabin Noise Reduction by Experimental and Numerical Design Optimization (CREDO) tahun 2011 mengatakan bahwa nilai koefisien absorpsi suara didalam interior sebuah kendaraan dibedakan menjadi 3 yaitu untuk atap mobil, tempat duduk dan *doorpanel*. Untuk *doorpanel* nilai α berada pada rentang 0,2-0,3. Dengan demikian, komposit PP/STKKS sudah berada di antara *range* tersebut.

4.5. Analisis Kekuatan Lentur

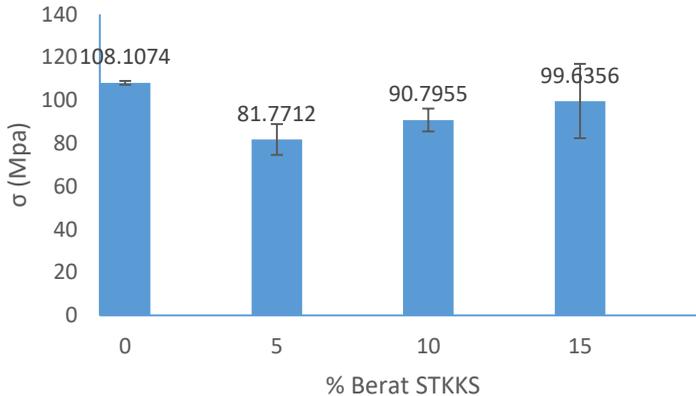
Komposit serat tandan kosong kelapa sawit pada penelitian ini digunakan untuk aplikasi bahan penyerap suara pada interior mobil. Pada konstruksinya, bahan penyerap suara ini digunakan untuk lapisan *doorpanel* oleh karena itu diperlukan pengujian kekuatan lentur komposit polypropylene/serat tandan kosong kelapa sawit. Uji bending komposit serat dilakukan di laboratorium farmasi Univeritas Airlangga Surabaya. Dari pengujian bending yang telah dilakukan, diperoleh hasil data kekuatan lentur dan modulus lentur sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Data pengujian kekuatan lentur pada komposit PP/STKKS

% Berat STKKS	σ (MPa)
0	108.1074 \pm 0.8440
5	81.7712 \pm 7.2461
10	90.7955 \pm 5.3091
15	99.6356 \pm 17.3168



Dari analisa hasil kekuatan lentur tabel 4.6 diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik kekuatan lentur sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Uji Kekuatan Lentur Komposit PP/STKKS

Dari gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit, PP/15%STKKS mempunyai nilai kekuatan lentur tertinggi dibandingkan dengan penambahan fraksi massa lain yaitu sebesar 99.635 Mpa. Sedangkan pada spesimen 100%PP mempunyai nilai kekuatan lentur yang paling tinggi yaitu sebesar 108.1074 Mpa. Lalu pada komposisi PP/10%STKKS nilai kekuatan lenturnya sebesar 90.7955 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan lentur terendah ada pada spesimen komposit PP/5%STKKS sebesar 81.7712 Mpa.

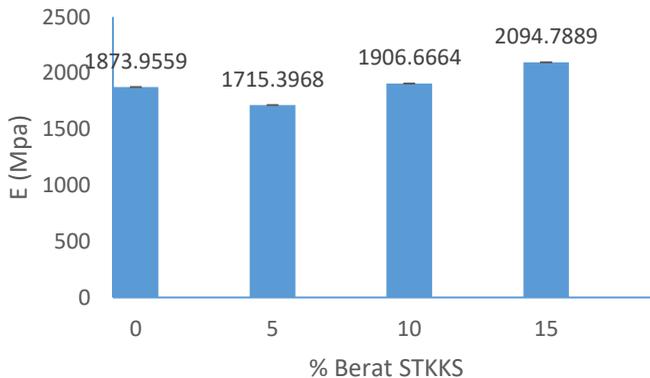
Tabel 4. 6 Data pengujian modulus lentur pada komposit PP/STKKS

% Berat STKKS	E (MPa)
0	1873.9559 ± 0.0049
5	1715.3968 ± 0.0478



10	1906.6664 ± 0.0511
15	2094.7889 ± 0.0496

Dari analisa hasil modulus lentur tabel 4.7 diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik modulus lentur sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji Modulus Lentur Komposit PP/STKKS

Sedangkan untuk nilai modulus lentur berdasarkan gambar 4.9, nilai modulus lentur tertinggi diperoleh dengan penambahan 15% STKKS yaitu 2094.7889 Mpa dan nilai modulus lentur terendah diperoleh dengan pambahan 5% STKKS yaitu 1715.3968 Mpa. Berturut-turut untuk fraksi massa 0% dan 10% STKKS yaitu 1873.9669 Mpa; dan 1906.6664 Mpa.

Menurut Khalid (2007), serat yang berorientasi secara acak dan adhesi yang kurang baik sehingga terdapat rongga antara serat dan matriks yang dapat dibuktikan dengan hasil SEM, komposit akan dapat mengalami *fiber pull-out* atau keluarnya serat dari matriks. Hal tersebutlah yang menyebabkan kekuatan



lentur dan modulus lentur dari komposit PP/STKKS lebih rendah dibandingkan dengan PP murni.

Menurut Gayatri (2014), kurangnya serat yang ditambahkan akan menurunkan kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan, sehingga dapat dilihat dari pengujian, spesimen komposit yang seratnya lebih sedikit lebih getas. Berdasarkan gambar 4.8 dan gambar 4.9 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan serat ke dalam komposit maka akan semakin meningkatkan nilai kekuatan lentur dan modulus lentur oleh material komposit.

Menurut Gardiner (2004), standar nilai yang dapat diaplikasikan pada *doorpanel* dan dapat menyaingi produk *FlexForm* yaitu 21 MPa untuk kekuatan lentur dan 1793 Mpa untuk modulus lentur. Dan dapat dikatakan bahwa komposit PP/STKSS dengan fraksi massa 10% dan 15% mampu untuk diaplikasikan pada *doorpanel*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Penambahan fraksi massa STKKS memberikan kenaikan pada densitas serta mempengaruhi morfologi dari komposit. Untuk morfologi, nampak pori yang berada pada perbatasan antar permukaan matriks dan filler pada material komposit, pori tersebut berperan besar dalam meningkatkan nilai koefisien absorpsi suara namun juga dapat menurunkan sifat mekanik dari material komposit
2. Penambahan fraksi massa STKKS memberikan kenaikan terhadap nilai absorpsi suara. Nilai koefisien absorpsi tertinggi yang diperoleh yaitu 0.42853 pada frekuensi 4000Hz dengan penambahan 10% STKKS
3. Nilai kekuatan lentur dan modulus lentur komposit PP berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit mengalami kenaikan seiring penambahan fraksi massa seratnya. Nilai kekuatan lentur dan modulus lentur komposit PP berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit terbesar didapatkan pada fraksi massa 15% STKKS, dengan nilai kekuatan lentur sebesar 99.6356 Mpa dan nilai modulus lentur sebesar 2094.7889 Mpa
4. Fraksi massa 10% STKKS merupakan komposisi komposit PP/STKKS yang tepat untuk aplikasi *doorpanel*. Hal ini dikarenakan nilai dari densitas, koefisien absorpsi, *flexural strength*, dan *flexural modulus* komposit PP/10%STKKS yang telah memenuhi standar produk *FlexForm* untuk aplikasi *doorpanel* serta nilai koefisien absorpsi suara yang sudah berada di rentang 0,2-0,3 pada frekuensi rendah dibawah 500 Hz.



5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Menggunakan alat *twin-screw extruder* agar persebaran serat dalam matriks merata
2. Menambahkan coupling agent MAPP (*Maleic Anhydride Polypropylene*) untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Ahaddin, Erdinanto Eko dan Moh. Farid. 2016. Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Lentur dan Sifat Fisik Pada Pembuatan Komposit Polyurethane/Serat Bambu Betung dengan Metode Hand Lay-up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D792. *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorption of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01
- ASM Handbook Vol 21: *Composites* (USA: ASM International, 2001).
- Callister, William J, 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition*, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- Doelle, L. L. 1972. *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- Eben, Hizkia dan Moh. Farid. 2016. Analisa Sifat Akustik Dan Morfologi Material Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Bambu Dan Rami. Tugas Akhir Jurusan Teknik

Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

- Farid, M., H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre. *Advanced Materials Research*. Vol.1112, pp. 329-332.
- Farid, M., T. Heryanto. 2013. *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials*. *Advanced Material Research*. Vol. 789, pp.269-273
- Gayathri, R., R.Vasanthakumari. 2014. *Nanomaterials in PU Foam for Enhanced Sound Absorption at Low Frequency Region*. Switzerland: *Advanced Materials Research* Vol. 938
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Howard, David M, Angus, Jamie AS. 2009. *Acoustics and Psychoacoustic*. Burlington: Focal Press.
- Hull, D. dan Clyne, T.W, *An Introduction To Composite Materials 2nd Edition* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996).
- Jorge P. Arenas and Malcolm J. Crocker, 2010. *Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials*, University Austral of Chile, Valdivia, Chile and, Auburn University, Auburn, Alabama, Sound and Vibration.
- Karian, Harutun G. 2003. *Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composite, 2nd Edition, Revised and Expanded*, Marcel Dekker, Inc.
- Khalid, M, Ratnam, C.T., Chuah, T.G Salmiaton, A. and Thomas, S.Y.C, 2008, Comparative study of polypropylene composites reinforced with oil palm empty fruit bunch fiber and oil palm derived cellulose *Materials and Design*, 29, 173-178.
- Kim, J.K. dan Mai, Y.W. 1998. *Engineered Interfaces in Fiber Reinforced Composites*. Elsevier Science Ltd.
- K. van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2001. *Natural Fiber Composites*

- Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- Lee, Y and Changwan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. *AUTEX Research Journal*. Vol. 3, No.2.
- Mallick K P. 2007. *Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacture, and Design*. Michigan : CRC Press Taylor and Francis Group
- Matthews, F.L. dan Rawlings, R.D, *Composite Materials: Engineering and Science*. (London: Chapman and Hall).
- Mediastika, E Christina. 2005. *Akustika Bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- 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
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. NewYork: McGraw-Hill Inc
- Shabrina, Nabilla dan Moh. Farid. 2016. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara Dan Struktur Morfologi Komposit Berpenguat Serat Rami Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Shinoj, S., Visvanathan, R., Panigrahi, S., & Kochubabu, M. (2011). Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review. *Industrial Crops and Products*, 33, 7–22.
- Shoshani, Y. Z. 2011. *Effect of Nonwoven Bacing on the Noise Absorption Capacity of Tufted Carpets*. *Textile Research Journal*, 60, 452-456
- Sreekala, M.S., Kumaran, M.G., Joseph, R., Thomas, S. (2001), Stress-relaxation behaviour in composite based on short oil palm fibers and phenol formaldehyde resin. *Composite Science and Technology*; 61: 1175–1188
- Sinaga, D., Defriyanto, I., dan Krisman, M., *Pengukuran koefisien Absorpsi Bunyi dari Limbah Batang Kelapa Sawit*, *Jurnal Fisika*, UNRI, vol. 9, No. 5, hal 415-423.

- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sulistijono. 2012. Mekanika Material Komposit. Surabaya: ITS Press.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wirajaya, A., 2007, Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami sebagai Absorber Suara, *Tesis Program Magister*, Sekolah Pasca Sarjana, ITB, Bandung.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Bathara Indra Poetra Pradana lahir di kota Malang pada tanggal 19 Desember 1996. Ayah penulis bernama Heru Deddy Budiantoro dan ibu bernama Inafiah. Penulis adalah putra pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Sawojajar 1 Malang, SMP Negeri 1 Malang, lalu SMA Negeri 4 Malang. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI. Semasa kuliah penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus antara lain pernah menjadi staff Departemen Media dan Informasi HMMT FTI-ITS 2014/2015, kepala Departemen Media dan Informasi HMMT FTI-ITS 2015/2016. Selain itu penulis juga memiliki pengalaman kerja praktisi di PT. Newmont Nusa Tenggara dan ditempatkan di Departemen Proses 130 Divisi *Corrosion and Maintenance Project*. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai Material Inovatif (Komposit Kayu).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

1. Densitas

Fraksi Massa	0%	5%	10%	15%
Massa Spesimen (g)	0.3476	0.4108	0.5173	0.3821
	0.3383	0.3979	0.503	0.4296
	0.3548	0.3752	0.4766	0.4407
Massa spesimen dalam air (ml)	0.3578	0.4153	0.5168	0.3705
	0.3485	0.3985	0.4942	0.4217
	0.3639	0.3886	0.4849	0.4292
Densitas (gr/cm ³)	0.971492	0.989164	1.000967	1.031309
	0.970732	0.998494	1.017807	1.018734
	0.974993	0.965517	0.982883	1.026794
Densitas rata-rata (gr/cm ³)	0.972406	0.984392	1.000552	1.025612
Error	0.002273	0.016999	0.017465	0.00637

2. Absorpsi Suara



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 031-5923226 FABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email: akoestische@gmail.com

Surabaya, 3 Januari 2017

No : 110/PROV/VIBRASTIC/1/17

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen *Polypropilene Murni* dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 28 Desember 2016 pukul 22.30 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa (α)
125	0.17179
250	0.27465
500	0.29989
1000	0.33453
2000	0.38756
4000	0.40398

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa specimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi yang diterima maka semakin menyerap dan/atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc
NIP. 1960022918701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax: 031-5923526 FAXB : 4201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email: akoestische@gmail.com

Surabaya, 3 Januari 2017

No : 107/PRO/VIBRASTIC/1/17

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen *Polypropilene* ditambah *5% Serat* mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 28 Desember 2016 pukul 22.30 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa (α)
125	0.19789
250	0.28467
500	0.32788
1000	0.33517
2000	0.41732
4000	0.40962

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi yang diterima maka semakin menyerap dan/atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asimoro, M.Sc

NIP. 1960022918701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 031-5923026 FABX : 1201
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 3 Januari 2017

No : 108/PRO/VIBRASTIC/I/17

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen *Polypropilene* ditambah *10% Serat* dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 28 Desember 2016 pukul 22.30 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa (α)
125	0.184551
250	0.283396
500	0.314474
1000	0.354452
2000	0.399492
4000	0.428553

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi yang diterima maka semakin menyerap dan/atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc
NIP. 1960022918701 1 001



LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

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

Surabaya, 3 Januari 2017

No : 109/PRO/VIBRASTIC/I/17

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen *Polypropilene* ditambah 15% *Scrub* dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 28 Desember 2016 pukul 22.30 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa (α)
125	0.179721
250	0.277082
500	0.307863
1000	0.347979
2000	0.393298
4000	0.426473

Kesimpulan

Pengujian Alpha Material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa specimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi yang diterima maka semakin menyerap dan/atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc
NIP. 1960022918701 1 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)