TUGAS AKHIR –TL184834

REVIEW PENGARUH KETEBALAN SERAT ALAM TERHADAP ABSORPSI SUARA

DANIEL ARYA WIKANANINDITA
NRP. 02511640000107

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

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR−TL 184834

REVIEW PENGARUH KETEBALAN SERAT ALAM TERHADAP ABSORPSI SUARA

DANIEL ARYA WIKANANINDITA
NRP. 02511640000107

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

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

FINAL PROJECT−TL 184834

A REVIEW ON EFFECT OF NATURAL FIBER THICKNESS FOR SOUND ABSORPTION

DANIEL ARYA WIKANANINDITA
NRP. 02511640000012

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

MATERIAL AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

(*This page is intentionally left blank*)

REVIEW PENGARUH KETEBALAN SERAT ALAM TERHADAP ABSORPSI SUARA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
DANIEL ARYA WIKANANINDITA
NRP 02511640000107

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

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

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

SURABAYA
Juli 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

REVIEW PENGARUH KETEBALAN SERAT ALAM TERHADAP ABSORPSI SUARA

Nama : **Daniel Arya Wikananindita**
NRP : **02511640000107**
Departemen : **Teknik Material dan Metalurgi**
Dosen Pembimbing : **Ir. Moh. Farid, DEA**
Co-Pembimbing : **Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

Abstrak

Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara dan di dalam suatu ruangan. Penyerap suara berbasis serat alam merupakan material yang digunakan dalam menghadapi masalah tersebut. Ketebalan meruapakan faktor yang mempengaruhi nilai absorpsi suara, sehingga review jurnal ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketebalan serat alam terhadap absorpsi suara. Material serat alam yang digunakan adalah serat kelapa sawit, wol, dan kenaf. Berdasarkan hasil dari review jurnal, didapatkan kesimpulan bahwa ketebalan yang semakin meningkat akan meningkatkan nilai absorpsi suaranya. Porositas dan kekasaran serat juga menentukan pada beberapa penelitian, sehingga nilai α tertinggi tidak bergantung pada kenaikan ketebalan serat alam. Setiap jenis serat alam memiliki batas ketebalan tertentu untuk mencapai nilai α tertinggi pada frekuensi 0 – 2000 Hz. Range terbaik ketebalan dan nilai α pada setiap jenis serat alam yaitu serat kelapa sawit (16 – 50 mm dan 0,6 – 0,97), serat kenaf (20 – 60 mm dan 0,57 – 0,99), dan serat wol (12-100 mm dan 0,7 – 0,97).

Kata Kunci : ***Ketebalan, koefisien absorpsi suara, serat kelapa sawit, serat kenaf, serat wol.***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

A REVIEW ON EFFECT OF NATURAL FIBER THICKNESS FOR SOUND ABSORPTION

Student Name : Daniel Arya Wikananindita
NRP : 02511640000107
Department : Material and Metallurgical Engineering
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Co-Advisor : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstract

Noise can effect comfort while driving and when in a room. To reduce this noise, sound absorbing material is used. Natural fiber-based sound absorber is a material that is being developed in dealing with these problems. This review writing does not use the experimental research method, but uses the paper review method. Thickness is a factor that influences the value of sound absorption, so this paper review aims to analyze the effect of natural fiber thickness for sound absorption. Natural fiber material used in this paper review is oil palm, wool, and kenaf. Based on the results of a journal review, it was concluded that increasing thickness will increase the value of sound absorption (α). Porosity and roughness of the fiber also determine in several studies, so that the highest α doesn't depend on increasing the thickness of natural fibers. Each type of natural fiber has a certain thickness limit to reach the highest α value at the frequency 0 - 2000 Hz. The best range of thickness and value of α for each type of natural fiber are palm oil fibers (16 - 50 mm and 0.6 - 0.97), kenaf fibers (20 - 60 mm and 0.57 - 0.99), and wool fibers (12-100 mm and 0.7 - 0.97).

Keywords : *Oil palm fiber, wool fiber, kenaf fiber, sound absorption coefficient, thickness.*

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kasih karunia yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Review Pengaruh Ketebalan Serat Alam Terhadap Absorpsi Suara".** Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS - ITS

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai, diantaranya:

1. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan saran
3. Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II tugas akhir yang telah membimbing, memberi dukungan, serta saran
4. Bapak Fakhreza Abdul, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan selama masa perkuliahan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran membangun supaya mampu memberikan manfaat penelitian dan pengembangan di masa mendatang.

Surabaya, 22 Juli 2020
Penulis

Daniel Arya Wikananindita
02511640000107

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **v**
Abstrak ..... **vii**
Abstract ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan *Review* 2
1.5 Manfaat *Review* 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **3**
2.1 Serat Alam 3
2.1.1 Serat Kelapa Sawit 5
2.1.2 Serat Kenaf 6
2.1.3 Serat Wol 8
2.2 Komposisi Serat 9
2.2.1 Selulosa 9
2.2.2 Lignin 11
2.2.3 Hemiselulosa 13
2.2.4 Pektin 13
2.3 Bunyi 14
2.3.1 Frekuensi 15
2.4 Material Absorpsi Suara 15
2.4.1 Ketebalan Material 17
2.4.2 Porositas 17
2.4.3 Densitas 18
2.4.4 Tortuositas 18
2.5 Koefisien Absorpsi Suara (α) 19
2.6 *Sound Pressure Level* (SPL) 21

2.7 Aplikasi Penyerap Suara 23
BAB III METODOLOGI 27
3.1 Diagram Alir 27
3.2 Material 29
3.3 Alat Pengujian 30
3.3.1 Koefisien Absorpsi Suara (α) 30
3.3.2 *Scanning Electron Microscope* (SEM) 32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Hasil 35
4.1.1 Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 35
4.1.2 Uji Koefisien Absorpsi Suara (α) 40
4.2 Pembahasan 51
4.2.1 Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 51
4.2.2 Uji Koefisien Absorpsi Suara (α) 53
4.3 Kritisasi Jurnal 58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 59
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN 67
UCAPAN TERIMA KASIH 77
BIODATA PENULIS 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi serat alam 3
Gambar 2. 2 Pohon kelapa sawit 6
Gambar 2. 3 Pohon kenaf 7
Gambar 2. 4 Serat wol dari domba 8
Gambar 2. 5 Struktur kimia selulosa 9
Gambar 2. 6 Reaksi Alkalisasi pada serat alam 10
Gambar 2. 7 Uji SEM pada serat kelapa sawit yang diberi perlakuan alkalisasi; a)Tanpa perlakuan, b)Selulosa 11
Gambar 2. 8 Struktur kimia lignin 12
Gambar 2. 9 Uji SEM pada serat kelapa sawit; a)hemiselulosa, b)lignin 12
Gambar 2. 10 Struktur kimia hemiselulosa 13
Gambar 2. 11 Struktur kimia pektin 14
Gambar 2. 12 Fenomena gelombang suara oleh suatu bahan 16
Gambar 2. 13 *Anechoic chamber* standar ISO 3745 21
Gambar 2. 14 Pengukuran SPL 22
Gambar 3. 1 Diagram alir *review* jurnal 28
Gambar 3. 2 *Impedance tube* 31
Gambar 3. 3 Rangkaian alat uji absorpsi suara.....31
Gambar 3. 4 Dimensi spesimen uji absorpsi suara 32
Gambar 3. 5 Prinsip kerja SEM 33
Gambar 4. 1 Pengujian SEM pada serat kenaf; a)serat kenaf murni, b)dengan perlakuan alkalisasi (Sambu, et al., 2016) 35
Gambar 4. 2 Pengujian *Digital Microscope Scan*; a)serat kenaf murni, b)dengan *Natural Rubber* (Sambu, et al., 2016).....36
Gambar 4. 3 Pengujian SEM pada nanoselulosa; a)1,5 mm, b)2,6 mm, c)3,0 mm (Aljabir, et al., 2018).....37
Gambar 4. 4 Pengujian SEM pada serat kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2018) 38

Gambar 4. 5 Pengujian SEM pada serat wol (Berardi & Iannace, 2015) 39
Gambar 4. 6 Pengujian SEM pada serat wol; a)200µm dan b)50µm (del Rey, et al., 2017)..... 39
Gambar 4. 7 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Lim, et al., 2015) 40
Gambar 4. 8 Koefisien absorpsi suara serat wol (Qui & Enhui, 2018) 41
Gambar 4. 9 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Yahya & Chin, 2017) 42
Gambar 4. 10 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Prabowo, et al., 2019) 43
Gambar 4. 11 Koefisien absorpsi suara pada serat wol (Berardi & Iannace, 2015) 44
Gambar 4. 12 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Kalaivani, et al., 2018)..... 45
Gambar 4. 13 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2019) 46
Gambar 4. 14 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (ALRahman, et al., 2014)..... 47
Gambar 4. 15 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Berardi & Iannace, 2015) 47
Gambar 4. 16 Koefisien absorpsi suara pada kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2018) 48
Gambar 4. 17 Koefisien absorpsi suara pada kelapa sawit (Latif, et al., 2015) 49
Gambar 4. 18 Koefisien absorpsi suara pada serat wol 50
Gambar 4. 19 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Suhawati, et al., 2013) 51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi unsur kimia serat alam.....4
Tabel 2. 2 Koefisien absorpsi suara *glasswool* 5
Tabel 2. 3 Klasifikasi kelas koefisien absorpsi suara 20
Tabel 2. 4 Koefisien absorpsi suara pada aplikasi gedung *theater*.....23
Tabel 2. 5 Koefisien absorpsi suara pada bahan bangunan, bahan akustik, dan isi ruangan.....24
Tabel 3. 1 Jenis serat alam.....29
Tabel 4. 1 Efek porositas pada nilai absorpsi suara (Taban, et al., 2019).....52
Tabel 4. 2 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kelapa sawit.....53
Tabel 4. 3 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kenaf 55
Tabel 4. 3 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat wol 56

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan meruapakan masalah yang sering dijumpai seiring dengan berkembangannya zaman pada saat ini. Penggunaan mesin dan teknologi pasti akan menimbulkan kebisingan, baik itu di bidang otomotif maupun di bidang industri. Kebisingan dapat diartikan sebagai suara saja yang tidak diinginkan dan mengganggu. Maka dapat dikatakan bahwa seberapa kecil atau lembut suara yang terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka akan disebut menggangu. (Otoghile, et al., 2018).

Kebisingan tersebut memungkinkan memiliki efek buruk pada kualitas hidup seseorang. Pentingnya kenyamanan akustik suatu ruangan sangat ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pemilihan material penyerap suara yang baik. Pemilihan material akustik yang tepat dapat meredam kebisingan. Pada umumnya, *glasswol* merupakan produk yang sering digunakan sebagai peredam suara. Namun produk ini memiliki bahaya yang cukup tinggi karena terbuat dari serat sintetis yang diproduksi dari bahan berserat anorganik yang mengandung serat silika (Maryanti, 2018). *Glasswool* sendiri jika terhirup oleh manusia akan menetap di paru – paru dan berpotensi menyebabkan kanker karena sifatnya bersifat karsogenik (Services, 2016). Oleh karena itu, beberapa tahun terakhir banyak peneliti yang memanfaatkan serat alam dalam penelitiannya untuk pembuatan komposit sebagai material akustik karena ramah lingkungan.

Serat alam memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan serat sintetis. Disamping karena serat sintetis memiliki harga yang mahal, serat sintetis juga mempunyai kekurangan yaitu tidak dapat diperbarui dan sulit terdegradasi. Sementara itu, material yang memiliki sifat terbiodegradasi dan harga murah sangat dibutuhkan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, pada *review* jurnal ini akan digunakan serat alam sebagai pengganti dari serat sintetis. Serat alam yang mempunyai fungsi sebagai

komponen penguat di dalam material komposit, memiliki keunggulan antara lain yaitu sifatnya yang dapat diperbarui, dapat di daur ulang serta dapat terbiodegradasi di lingkungan (Mondragon, et al., 2014).

Ketebalan merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan dalam menentukan material absorpsi suara. Pada penelitian Farid, et al. (2018), dijelaskan bahwa nilai absorpsi suara akan meningkat seiring dengan kenaikan ketebalan. Namun, pada penelitian Kalaivani, et al. (2018), nilai absorpsi suara tertinggi tidak dimiliki oleh material dengan ketebalan tinggi. Oleh sebab itu, pada *review* ini akan dibahas lebih mendalam terkait dengan pengaruh ketebalan serat alam, khususnya serat kelapa sawit, serat kenaf, dan serat wol terhadap nilai absorpsi suara.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari *review* jurnal ini berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas adalah bagaimana pengaruh ketebalan serat alam terhadap absorpsi suara?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada *review* jurnal adalah sebagai berikut:

1. *Review* ini hanya membahas serat kelapa sawit, kenaf, dan wol
2. Kandungan pengotor pada serat diabaikan
3. Review ini tidak membahas metode pembuatan serat

1.4 Tujuan *Review*

Tujuan dari *review* jurnal ini adalah menganalisis pengaruh dari ketebalan serat alam terhadap absorpsi suara

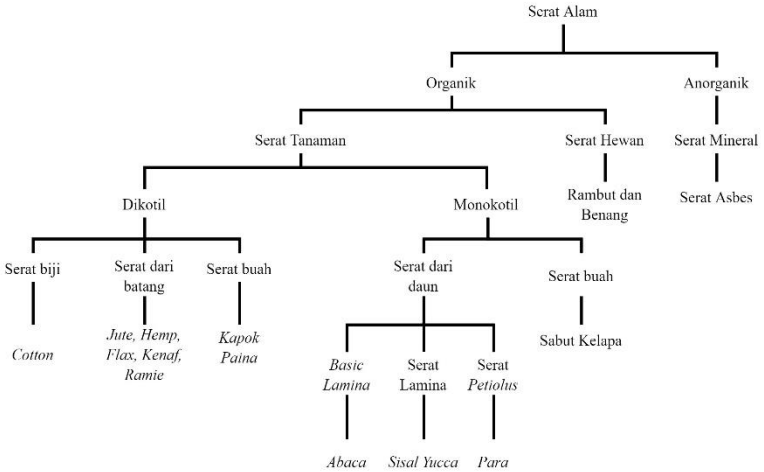
1.5 Manfaat *Review*

Review ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk memberikan alternatif material absorpsi suara dengan memanfaatkan sumber daya alam sekitar serta sebagai referensi pada penelitian selanjutnya

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Alam

Serat alam adalah serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam pada umumnya dibagi menjadi 2, yaitu yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Klasifikasi umum serat alam ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Klasifikasi serat alam (Nordin, et al., 2016)

Dalam perkembangannya, serat alam (*natural fiber*) telah digunakan sebagai inovasi terbaru selain dari serat sintetis (*fiber – glass*). Serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat sintetis, komposit serat alam sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak, ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, dan memiliki harga lebih murah dibandingkan dengan serat sintetis (Munandar, et al., 2013). Serat merupakan material dasar yang digunakan pada komposit. Serat alam yang digunakan sebagai material penguat (*reinforcement*) memiliki fungsi sebagai penambah kekuatan dan kekakuan dalam

menerima beban. Serat yang berada di alam memiliki arah – arah serat yang tidak beraturan dan acak. Pada umumnya, serat alam memiliki kemampuan untuk menyerap bunyi yang cukup baik (Rizal, et al., 2015).

Komposisi dari serat yang umum digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.1. Tabel 2.1 menunjukkan bahwa umumnya kandungan serat adalah selulosa selanjutnya hemiselulosa, lignin, dan sejumlah kecil lilin dan pektin.

Tabel 2. 1 Komposisi unsur kimia serat alam (Suryanto, 2014)

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar Air (%)
Pisang	60 – 65	6 – 8	5 – 10	10 – 15
Sabut	43	<1	45	10 – 12
Flax	70 – 72	14	4 – 5	7
Jute	61 – 63	13	5 – 13	12,5
Kenaf	80 – 85	3 – 4	0,5	5 – 6
Sisal	60 – 67	10 – 15	8 – 12	10 – 12
Sun hemp	70 – 78	18 – 19	4 – 5	10 – 11
Cotton	90	6	-	7

Pada penelitian Eriningsih, et al. (2014), mereka membandingkan serat sintetis yaitu *glasswool* dengan serat alam pada penelitian mereka yang ditunjukkan oleh Tabel 2.2. Pada Tabel 2.2 berisi tentang koefisien absorpsi suara *glasswool* pada pengujian absorpsi suara dengan *impedance tube.* Dari hasil penelitian mereka, didapatkan nilai absorpsi suara pada frekuensi standar maupun tinggi dengan rata – rata komposit berpenguat serat kenaf dengan α= 0,52, komposit serat kelapa α= 0,90, dan komposit serat abaka dengan α= 0,62. Hal ini menjelaskan bahwa penggunaan serat alam pada komposit secara keseluruhan masih lebih baik dan diatas standar dari *glasswool.*

Tabel 2. 2 Koefisien absorpsi suara *glasswool* (Eriningsih, et al., 2014)

Tebal (mm)	250, 500, 1000, 2000 Hz (Rata – rata α)
25, 40	0,6
50, 75, 100	0,8
25, 40	0,6
50, 75	0,8
15	0,4
20, 25	0,6
40, 50	0,8
< 15	0,4
20, 25	0,6

2.1.1 Serat Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) adalah tanaman minyak nabati dengan hasil tertinggi di dunia. Tanaman ini dibudidayakan di 42 negara di 11 juta ha di seluruh dunia yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Afrika Barat, negara-negara Asia Tenggara seperti Malaysia dan Indonesia, negara-negara Amerika Latin dan India adalah negara-negara utama pembudidayaan kelapa sawit. Satu hektar perkebunan kelapa sawit setiap tahunnya menghasilkan sekitar 55 ton bahan kering dalam bentuk biomassa berserat sekaligus menghasilkan 5,5 ton minyak. Dari pohon kelapa sawit, serat dapat di ekstraksi dari batang, daun, inti buah dan tandan kosong. Tandan buah kosong adalah massa berserat yang tertinggal setelah memisahkan buah dari disterilkan tandan buah segar. Di antara berbagai sumber serat dalam pohon kelapa sawit, serat tandan kosong memiliki potensi untuk menghasilkan hingga 73% serat dan karenanya lebih disukai dalam hal ketersediaan dan biaya. Industri minyak sawit harus membuang sekitar 1,1 ton serat tandan kosong per setiap ton minyak yang diproduksi. Beberapa serat yang memiliki selulosa ini digunakan sebagai bahan bakar *boiler*, pembuatan pupuk, sedangkan sebagian besar dibiarkan di pabrik

sendiri. Serat kelapa sawit memiliki komposisi kimia yang terdiri dari selulosa (53,20%), hemiselulosa (30 - 64,8%), dan lignin (7 – 24,8%) (J., et al., 2017).

Gambar 2. 2 Pohon kelapa sawit (Shinoj, et al., 2011)

Serat kelapa sawit biasa digunakan sebagai biokomposit, biokomposit didefinisikan sebagai bahan yang dibuat dengan menggabungkan serat alami dan minyak bumi yang berasal dari polimer yang tidak dapat terurai secara alami atau polimer yang dapat terbiodegradasi. Penggunaan serat alami sebagai pengisi dalam matriks polimer menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan pengisi anorganik konvensional seperti dapat di daur ulang, sifat termal dan insulasi yang baik, sifat ramah lingkungan, biaya lebih rendah, sifat terbarukan, ketahanan listrik yang baik, properti insulasi akustik yang baik, dan ketersediaan serat di seluruh dunia (Shinoj, et al., 2011)

2.1.2 Serat Kenaf

Serat kenaf (*Hibiscus cannabimus L.*) adalah tanaman herbal yang tumbuh dalam berbagai kondisi cuaca yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3 Tanaman ini dapat tumbuh lebih dari 3 m dalam 3 bulan dengan tingkat pertumbuhan tertinggi dapat mencapai 10 cm/hari. Batang tanaman kenaf lurus dan tidak bercabang di sepanjang batang. Serat kulit kenaf panjang biasanya digunakan untuk membuat papan komposit, industri tekstil, dan kertas. Kenaf merupakan serat natural yang sering

digunakan sebagai penguat pada *Polymer Matrix Composite* (PMC). Kenaf memiliki nama ilmiah *Hibiscus Cannabinus* yang memiliki keluarga juga yang disebut Kenaf *Deccan* dan Kenaf Jawa. Kandungan dari serat kenaf terdiri dari selulosa (77,5%), hemiselulosa (10%), dan lignin (6,8%) (J., et al., 2017).

Gambar 2. 3 Pohon kenaf (Z.Y. Lim, et al., 2018)

Serat kulit pohon kenaf memiliki sifat kekuatan yang lebih baik daripada serat inti, karena itu lebih cocok untuk aplikasi kekuatan tinggi. Sebuah penelitian Sapuan, et al., (2018), menggunakan serat kulit pohon kenaf untuk memperkuat komposit beton untuk membandingkan sifat – sifatnya dengan beton polos. Hasilnya menunjukkan sifat mekanik dari komposit beton yang sebanding dengan spesimen beton biasa. Selain itu, komposit beton telah menunjukkan keretakan yang merata dan ketangguhan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, komposit beton diklaim sebagai bahan potensial untuk aplikasi konstruksi.

Selain untuk aplikasi konstruksi, serat kenaf terbukti memiliki kinerja penyerapan suara yang baik dalam penyerapan suara. Melalui pengukuran *impedance tube*, koefisien absorpsi suara kenaf ditemukan memiliki nilai di atas 0,8 pada frekuensi 1500 Hz dan seterusnya untuk spesimen dengan ketebalan 40 mm dan kerapatan serat 93,5 kg / m^3. Tingkat kerapatan serat yang semakin meningkat dapat meningkatkan koefisien absorpsi suara. Kinerja penyerapan suara serat kenaf juga ditemukan

cocok dengan kinerja penyerapan wol batu sintetis. (Z.Y. Lim, et al., 2018)

2.1.3 Serat Wol

Serat Wol biasa di dapatkan pada hewan domba seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Pada umumnya, serat wol sering digunakan untuk bahan pembuatan pada pakaian manusia. Struktur mikroskopis dari wol menunjukkan bahwa serat memiliki serpihan keratin yang menutupi permukaan luar. Pada struktur sel luarnya, struktur yang teratur memberikan kekuatan tinggi pada serat wol. Serat wol memiliki struktur serat berpori, hal ini menandakan bahwa serat wol dapat digunakan sebagai alternatif yang sangat baik untuk serat mineral untuk aplikasi isolasi termal dan absorpsi suara. Komposisi kimia dari serat wol terdiri dari keratin (33%), *dirt* (26%), *suint* (28%), *fat* (12%), dan *mineral matter* (1%) (Berardi, et al., 2016).

Gambar 2. 4 Serat wol dari domba (Berardi, et al., 2016)

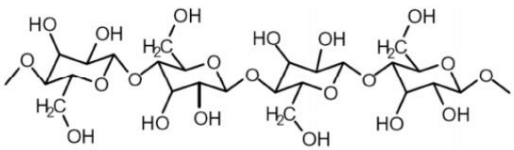
Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi bahan wol sering digunakan sebagai aplikasi penyerap suara dan dapat digunakan sebagai bahan berpori. Pada penelitian Qui et al., (2018), menjelaskan bawha serat wol pada frekuensi sekitar 250 - 6300 Hz memiliki kinerja penyerapan suara yang lebih baik pada frekuensi tinggi daripada

pada frekuensi rendah. Ketika ketebalan serat wol adalah 6 mm, koefisien absorpsi suara meningkat dengan meningkatnya frekuensi. Setelah ketebalan mencapai 12 mm, koefisien absorpsi suara meningkat pada frekuensi rendah. Setelah mencapai puncaknya, koefisien absorpsi suara berfluktuasi dengan meningkatnya frekuensi. Dengan meningkatkan ketebalan serat wol, koefisien absorpsi suara pada frekuensi rendah berubah menjadi lebih baik. Namun, metode tersebut memiliki efek yang tidak signifikan pada koefisien absorpsi suara pada frekuensi tinggi.

2.2 Komposisi Serat

2.2.1 Selulosa

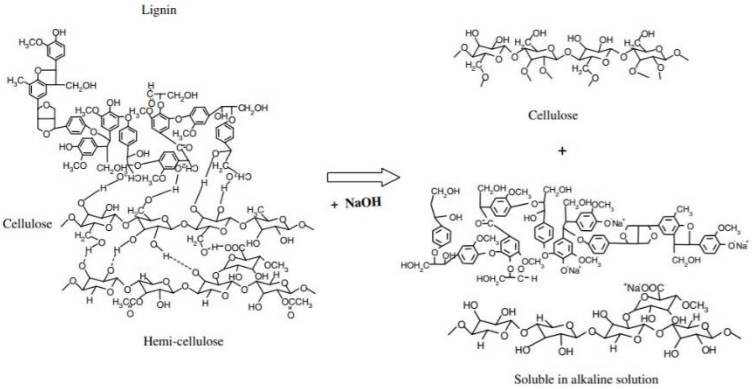
Selulosa adalah kumpulan dari molekul yang terdiri dari atom karbon, hidrogen, dan oksigen yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5. Selulosa adalah zat utama dalam dinding sel tanaman hijau, terutama di banyak serat alam seperti rami, bambu, kenaf, kelapa sawit, dll. Selulosa juga memiliki banyak kegunaan, diantaranya adalah sebagai bahan bangunan dasar bagi banyak jenis tekstil dan kertas. Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian tangkai, batang, dan semua bagian yang mengandung kayu. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin atau hemiselulosa membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Selulosa merupakan senyawa polisakarida $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang dapat diturunkan menghasilkan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) (Park, et al., 2008).



Gambar 2. 5 Struktur kimia selulosa (Park, et al., 2008)

Pemberian perlakuan alkalisasi adalah salah satu perlakuan kimia yang paling umum digunakan untuk penghilangan hemiselulosa dan lignin sebelum digunakan sebagai penguat pada komposit (Suryanto, et al., 2014). Proses alkalisasi mampu menghidrolisis dan menghilangkan kotoran yang ada di dalam selulosa. Proses alkalisasi sebagai basa kuat sehingga akan dihasilkan perubahan pada struktur, dimensi, morfologi, dan sifat mekanik dari serat seperti yang ditunjukankkan pada persamaan kimia 2.1. Pada Gambar 2.6 dijelaskan terkait dengan reaksi proses alkalisasi dari serat alam dan pemecahan strukturnya.

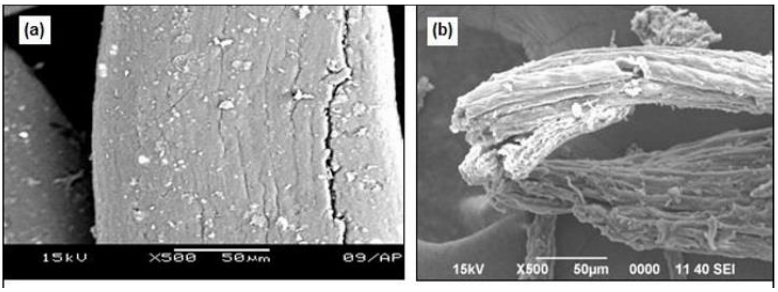
$$(Fiber(s) + OH^-(aq)) + Na^+(aq) + OH^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow (Fiber(s) + O^-(aq) + Na^+(aq)) + 2H_2O(l) \quad (2.1)$$



Gambar 2. 6 Reaksi Alkalisasi pada serat alam (Park, et al., 2008)

Gambar 2.7 menunjukkan uji SEM perbedaan pada morfologi selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang telah diekstraksi. Pada Gambar 2.7 (a) (serat kelapa sawit yang tidak diberi perlakuan) permukaan serat kelapa sawit yang ditemukan adalah halus dengan retakan yang berada di permukaannya. Sebelum pemberian perlakuan alkalisasi, permukaan serat

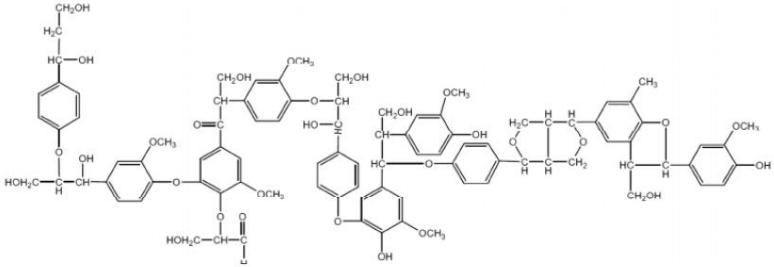
memiliki lilin dan zat pengikat seperti pektin, lignin, dan hemiselulsa yang menghasilkan lapisan tebal berguna untuk melindungi selulosa. Setelah perlakuan alkalisasi, struktur bundel serat selulosa menunjukkan keberhasilan penghilangan zat pengikat (lignin dan hemiselulosa) pada permukaan serat seperti pada Gambar 2.7 (b). Serat yang berbentuk seperti bundel dihasilkan dari sifat kristal selulosa. Serat selulosa yang telah terbentuk meningkatkan kemungkinannya untuk diubah menjadi produk yang bernilai lebih. (Mohtar, et al., 2017)



Gambar 2. 7 Uji SEM pada serat kelapa sawit yang diberi perlakuan alkalisasi; a)Tanpa perlakuan, b)Selulosa, (Mohtar, et al., 2017)

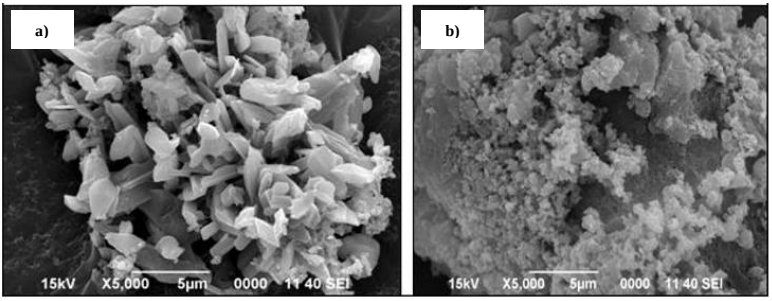
2.2.2 Lignin

Lignin adalah polimer yang tidak tersusun atas monomer karbohidrat (glukosa) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada umumnya, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat antar komponen penyusun lainnya. Lignin telah digunakan dalam dunia manufaktur, bahkan dapat diubah menjadi zat yang mirip dengan plastik sehingga memiliki keuntungan dapat dibakar dengan aman setelah digunakan tanpa membuat gas berbahaya (Park, et al., 2008).



Gambar 2. 8 Struktur kimia lignin (Park, et al., 2008)

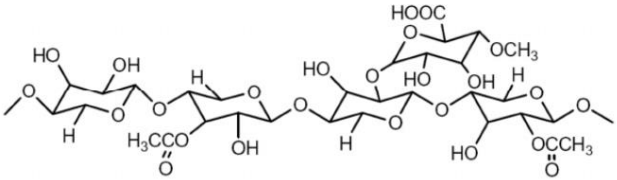
Gambar 2.9 (a) menunjukkan gambar Uji SEM dari struktur lignin. Dapat diamati bahwa morfologi lignin terdiri dari ukuran lebih kecil dari partikel sub – mikron yang berbentuk tidak teratur. Hasil ini ditemukan mirip dengan penelitian Stewart, et al., (2014) yang mempelajari pengaruh suhu presipitasi lignin pada morfologi dan sifat *physicochemical* lignin. Pada penelitian ini ditemukan bahwa morfologi lignin dari partike sub – mikron kecil dan densitas yang tinggi. Partikel lignin menggumpal dan membentuk kelompok yang mirip dengan penelitian Mohtar, et al., (2014).



Gambar 2. 9 Uji SEM pada serat kelapa sawit; a)hemiselulosa, b)lignin (Mohtar, et al., 2017)

2.2.3 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida yang mengisi ruang pada serat – serat selulosa dan dapat ditemukan pada dinding sel utama dan sekunder di setiap tanaman. Hemiselulosa terdiri dari partikel kecil dengan ukuran dan bentuk yang tidak konsisten serta permukaan halus dan bersudut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 (b). Hemiselulosa adalah polimer heterogen dari pentosa (*xylose, arabinose*), heksosa (*mannose, glucose, galactose*), dan asam gula. Tidak seperti selulosa, hemiselulosa secara kimiawi tidak homogen. Hemiselulosa pada *hardwood* sebagian besar mengandung *xylans*, sedangkan pada *softwood* sebagian besar mengandung *glucomannans.* Struktur kimia hemiselulosa ditunjukkan pada Gambar 2.10 (Park, et al., 2008).

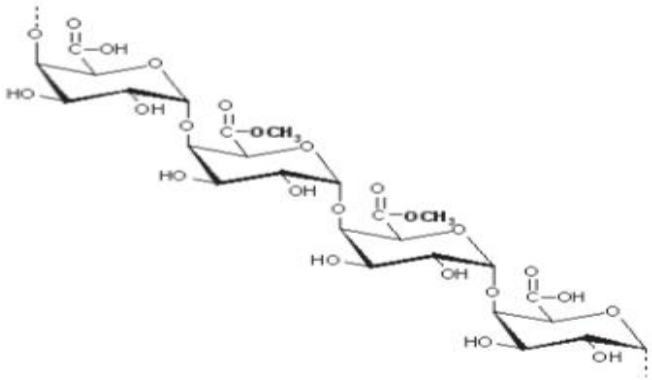


Gambar 2. 10 Struktur kimia hemiselulosa (Park, et al., 2008)

2.2.4 Pektin

Pektin merupakan polisakarida kompleks yang membentuk sekitar sepertiga dari dinding sel tanaman. Nama pektin berasal dari bahasa latin *"pectos"* yang berarti pembuat sesuatu menjadi gel atau pengental. Proporsi pektin lebih sedikit ditemukan di dinding sel pada tanaman rumput sedangkan konsentrasi pektin tertinggi ditemukan di lamella tengah dinding sel. Pektin pada dasarnya adalah polisakarida linear yang terdiri dari asam *D – galacturonic* yang dihubungkan dengan ikatan α – 1,4 glikosida. Asam *D – galacturonic* memiliki gugus karboksil, beberapa diantaranya secara natural mengandung metil ester dan lainnya secara umum diberi perlakuan dengan amonia untuk menghasilkan gugus karboksamid. Struktur kimia dari pektin ditunjukkan pada Gambar 2.11. Aplikasi pektin paling umum

sering digunakan pada industri makan, yaitu sebagai bahan pengental dan pembentuk gel. Selain itu, aplikasi lainnya sering digunakan pada industri farmasi dan kosmetik. (Sriamornsak, 2003).



Gambar 2. 11 Struktur kimia pektin (Sriamornsak, 2003)

2.3 Bunyi

Bunyi adalah gelombang mekanik jenis longitudinal yang merambat dan sumbernya berupa benda yang bergetar. Bunyi bisa didengar sebab getaran benda sebagai sumber bunyi menggetarkan udara di sekitar dan melalui medium udara bunyi merambat sampai ke gendang telinga, sebenarnya merupakan variasi tekanan udara secara periodik di sepanjang lintasan perambatannya. Perambatan gelombang bunyi pada suatu medium berupa gelombang longitudinal, artinya arah getarannya searah dengan arah rambatannya. Tekanan udara periodik inilah yang menggetarkan selaput gendang telinga.

2.3.1 Frekuensi

Frekuensi merupakan jumlah getaran yang terjadi dalam satu satuan waktu atau jumlah gelombang listrik yang dihasilkan dalam satuan waktu tertentu. Frekuensi audio atau yang sering disebut dengan frekuensi suara merupakan getaran frekuensi yang bisa didengar oleh manusia. Frekuensi bunyi yang dapat di dengar oleh manusia berkisar pada kawasan 20 Hz sampai 20 kHz (Alim, et al., 2017). Frekuensi dinyatakan dalam satuan *Hertz* (Hz) atau jumlah getaran per detik, yaitu jumlah dari gelombang suara yang dapat sampai di telinga setiap detiknya. Pada suara percakapan orang, biasanya bunyi yang dihasilkan berada pada rentang frekuensi 500 Hz hingga 2000 Hz.

Frekuensi pada umumnya dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

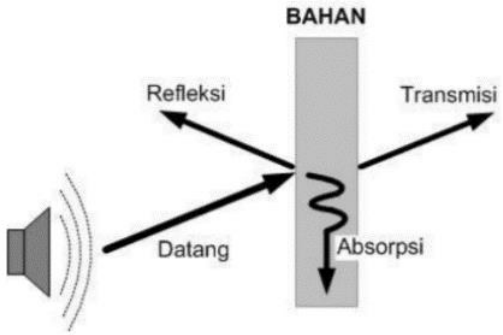
a. Gelombang infrasonik, yaitu gelombang dengan frekuensi <20 Hz
b. Gelombang audiosonik, yaitu gelombang dengan frekuensi 20 – 20.000 Hz
c. Gelombang ultrasonik, yaitu gelombang dengan frekuensi >20 kHz

Objek yang bergetar pada posisi bebas atau tidak terhalang objek lain akan menyentuh semua partikel zat medium yang ada di sekitarnya, sehingga perambatan gelombang bunyi terjadi ke segala arah. Saat perambatan mendekati objek yang tidak bergerak atau diam, maka ada kemungkinan perambatan akan berkurang atau memantul karena diserap atau diteruskan oleh objek penghalang tersebut (Mediastika, 2005).

2.4 Material Absorpsi Suara

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani, yaitu "*akousitikos*". *Akousitikos* memiliki arti segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi dan suara. Material akustik adalah material teknik yang memiliki fungsi utama yaitu untuk menyerap suara/bising. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun

besarnya energi yang diserap berbeda – beda untuk tiap bahan. Material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar seperti pada Gambar 2.12, yaitu: material penyerap suara (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*), dan material peredam (*damping material*) Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain – lain. Sedangkan untuk material penyerap biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*).



Gambar 2. 12 Fenomena gelombang suara oleh suatu bahan (Asade & Isranuri, 2013)

Menurut Nisa (2018), jenis – jenis bahan penyerap suara yang digunakan dalam rancangan akustik sebagai pengendali bunyi dapat diklasifikasikan menjadi bahan berpori, penyerap panel atau penyerap selaput, dan resonator rongga. Mediastika (2005), menjelaskan material berpori merupakan material penyerap yang sering digunakan. Contohnya adalah *fiber board*, selimut akustik, dan *acoustic tiles*. Penyerap berpori memiliki fungsi untuk menyerap bunyi pada frekuensi tinggi sebab pori – porinya yang kecil sesuai dengan besaran panjang gelombang bunyi yang datang. Material berpori efektif untuk menyerap bunyi berfrekuensi di atas 1000 Hz.

Material penyerap berpori menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara ini akan menyerap energi suara lebih besar pada frekuensi tinggi. Prinsip penyerapan bunyi (*acoustic absroption*) terjadi pada saat material kehilangan energi ketika sebuah gelombang bunyi menabrak dan dipantulkan dari suatu permukaan benda. Jika suatu gelombang bunyi mengenai suatu permukaan bahan, maka bunyi tersebut akan dipantulkan, diserap dan ditransmisikan. Besarnya energi yang dipantulkan, diserap atau diteruskan bergantung jenis dan sifat dari material tersebut. Bila suatu gelombang bunyi bertemu pada batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (Sagartzazu, et al., 2014)

Menurut Nordin, et al. (2016), faktor – faktor yang dapat mempengaruhi nilai dari absorpsi suara dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

2.4.1 Ketebalan Material

Pada beberapa penelitian menyebutkan bahwa ketebalan dari bahan penyerap suara merupakan parameter utama yang mempengaruhi nilai absorpsi suara. Ketebalan material yang meningkat akan menaikkan juga nilai absorpsi suaranya. Pada penelitian Nordin, et al. (2016) menunjukkan peningkatan penyerapan suara terjadi pada frekuensi rendah. Namun, pada frekuensi yang lebih tinggi ketebalannya tidak terlalu berpengaruh signifikan pada nilai absorpsi suaranya.

2.4.2 Porositas

Porositas dapat dikatakan sebagai ukuran dari ruang kosong di antara material atau dapat didefinisikan sebagai rasio volume total pori dari material terhadap volume total material. Pernyataan ini dibuktikan pada persamaan 2.2. Pada penelitian Samsudin, et al. (2016), dikatakan bahwa porositas material berpori dapat mempengaruhi kinerja penyerapan suatu material. Nilai absorpsi suara suatu material akan meningkat ketika porositasnya meningkat hingga 70%. Namun ketika nilai

porositas melebihi 70 persen, nilai absorpsi suara pada umumnya akan tetap konstan.

$$\varepsilon = \frac{Vp}{Vm} \tag{2.2}$$

2.4.3 Densitas

Densitas merupakan tingkat kerapatan dari suatu material atau dapat dikatakan pengukuran massa setiap satuan volume material. Densitas pada suatu material sering dianggap sebagai faktor penting pada nilai absorpsi suara. Pada penelitian Koizumi, et al. (2002), menunjukkan peningkatan nilai absorpsi suara pada frekuensi tengah dan tinggi karena densitas dari material yang meningkat. Densitas yang tinggi biasanya akan menyerap lebih banyak energi suara karena gesekan permukaan yang lebih besar antara gelombang suara dan serat. Dengan demikian akan meningkatkan koefisien absorpsi suara suatu material.

2.4.4 Tortuositas

Tortuositas dapat dikatakan sebagai pengukuran berdasarkan panjang jalur menyimpang atau berliku – liku yang melewati pori – pori dari garis lurus. Tortuositas (τ) pada persamaan 2.3 didefinisikan panjang lintasan yang terbentuk oleh pori (L’) dibagi dengan panjang lurusnya (L) (Ghanbarian, et al., 2013). Pada penelitian Nordin, et al. (2016) menyatakan bahwa tortuositas dapat mempengaruhi lokasi puncak pada seperempat gelombang dan juga dikatakan dapat menentukan perilaku nilai absorpsi suara pada frekuensi tinggi dari material berpori yang telah diujikan.

$$\tau = \frac{L\prime}{L} \tag{2.3}$$

2.5 Koefisien Absorpsi Suara (α)

Koefisien Absorpsi suara (α) adalah perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu material dengan energi suara yang datang pada permukaan material tersebut. Koefisien absorpsi suara (α) merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan suatu material dapat menyerap energi suara. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diteruskan atau diserap bergantung pada sifat dan jenis dari material tersebut. Umumnya, material berpori akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan material jenis lainnya. Keberadaan pori – pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh material akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, biasanya diubah menjadi energi kalor.

Pada penelitian Taban et. al., (2019), menjelaskan perhitungan yang menggunakan model matematika *Johnson-Champoux-Allard (JCA)* untuk memperkirakan nilai absorpsi suara pada material berpori. Perhitungan karakteristik impedansi $Z_c(\omega)$ dan gelombang suara $K\omega$, permukaan impedansi akustik Z dapat dihitung dengan persamaan 2.4, 2.5, 2.6, dan 2.7,

$$z_c(\omega) = \frac{1}{\phi}\sqrt{\rho_{(\omega)}.K_{(\omega)}} \tag{2.4}$$

$$K_c(\omega) = \omega\sqrt{\frac{\rho_{(\omega)}}{K_{(\omega)}}} \tag{2.5}$$

$$Z = Z_c(\omega).\cot(K_c(\omega).\mathrm{d}) \tag{2.6}$$

$$R = \frac{Z_s - \rho_o c_o}{Z_s + \rho_o c_o} \tag{2.7}$$

dimana R adalah tekanan suara dari koefisien refleksi suara; Z_s adalah h impedansi; d adalah ketebalan dari sampel material.

Koefisien absorpsi suara dapat dihitung dengan persamaan 2.8 atau secara sederhananya ditunjukkan pada persamaan 2.9,

$$\alpha = 1 - |R|^2 \tag{2.8}$$

$$\alpha = \frac{absorbed\ sound\ energy}{incident\ sound\ energy} \tag{2.9}$$

Permodelan matematika *JBA* juga menjelaskan terkait tingkat error *(PER)* pada setiap sampel material dalam *range* frekuensi sampel pengujian. Perhitungan tingkat error dijelaskan pada persamaan 2.10,

$$PER = \frac{|\alpha_m - \alpha_p|}{\alpha_m}.100 \tag{2.7}$$

dimana α_m dan α_p masing – masing adalah koefisien absorpsi suara hasil pengukuran dan prediksi.

Berikut ini dijelaskan mengenai klasifikasi kelas koefisien absorpsi suara pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Klasifikasi kelas koefisien absorpsi suara (ASTM C423-17, 2017)

No	Kelas Koefisien Absorpsi	Nilai α
1	A	0,90 – 1,00
2	B	0.8 – 0,85
3	C	0.6 - 0.75
4	D	0,30 – 0,55
5	E	0,15 – 0,25
6	F	0,00 – 0,10

Koefisien absorpsi suara pada umunya dinotasikan dengan α, dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1. Nilai koefisien absorpsi suara 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien absorpsi suara 1 menyatakan penyerapan yang sempurna (Mediastika, 2005). Terdapat dua metode untuk mengukur koefisien absorpsi suara, yaitu dengan *Impedance Tube* yang dapat mengukur koefisien absorpsi suara normal dan pengukuran dengan *Reverberation Room* yang dapat mengukur koefisien absorpsi

suara *sabine* (Wirajaya, 2007). Koefisien absorpsi suara bergantung secara dinamis pada frekuensi bunyi yang datang dan garis normal permukaan medium.

2.6 *Sound Pressure Level* (SPL)

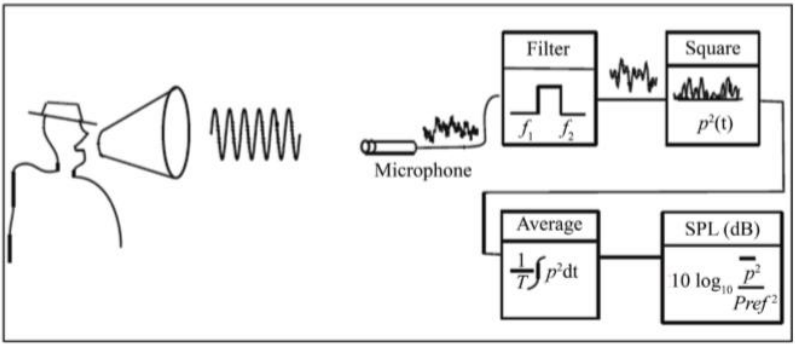
Sound Pressure Lever (SPL) atau tingkat tekanan suara digunakan untuk mengukur intensitas suara dan dijelaskan dalam bentuk desibel (dB). Desibel (dB) adalah perhitungan logaritma yang menjelaskan rasio tingkat tekanan suara yang diukur ke tingkat refrensi standar. Suara terdiri dari berbagai frekuensi, tetapi telinga manusia tidak dapat mendengar semua frekuensi tersebut. Frekuensi yang tidak dapat didengar harus di filter terlebih dahulu untuk diukur tingkat kebisingannya (Wijianto, 2007). Pengujian SPL membutuhkan media yang bebas dari perambatan suara di udara tanpa ada pemantulan, kondisi ini dapat dicapai dalam *Anechoic Chamber* dimana semua dinding termasuk lantai dan langit – langit ditutupi dengan bahan yang sangat menyerap untuk menghindari pantulan. Gambar 2.13 menunjukkan *Anechoic Chamber* yang di desain dengan standar ISO 3745.

Gambar 2. 13 *Anechoic chamber* standar ISO 3745 (Al Zubi , 2018)

SPL menggunakan unit logaritma desibel yang dinamai oleh Alexander Graham Bell untuk mengekspresikan berbagai tekanan suara yang didengarkan oleh manusia dalam dua atau tiga digit ditunjukkan pada persamaan 2.13.

$$\rho_{ms} = (\rho_{ref}) * 10^{spl/20} \tag{2.13}$$

SPL dalam desibel adalah 20 kali ($\log_{10}$) dari rms (akar kuadrat dari tekanan akustik tekanan rata – rata persegi) relatif terhadap tekanan refrensi. Pada umumnya, tekanan akustik refrensi "nol" yang digunakan di udara adalah 20 µPa rms, dimana biasanya dianggap sebagai ambang pendengaran pada manusia (pada 1 kHz) yang merupakan tekanan 0 dB. Gambar 2.14 menunjukkan pengukuran pada SPL.



Gambar 2. 14 Pengukuran SPL (Al Zubi , 2018)

SPL dapat dihitung yaitu sumber suara (L_s) dari pengukuran yang diambil dengan kebisingan *background* (L_{bg}), dimana L_{comb} adalah SPL gabungan dari suara sumber dan *background* yang ditunjukkan pada persamaan 2.14 dan 2.15.

$$10^{Ls/10} = 10^{Lcomb/10} - 10^{Lbg/10}, \text{ atau} \tag{2.14}$$

$$L_S = 10log(10^{Lcomb/10} - 10^{Lbg/10}), \tag{2.15}$$

SPL atau tingkat kebisingan suara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16

$$L_p = 20log(P/Pr)\ . \qquad (2.16)$$

Dimana L_s adalah level tekanan suara sumber dalam dB; L_{comb} adalah tingkat tekanan suara sumber gabungan dalam dB; L_{bg} adalah tingkat tekanan suara *background* dalam dB (Al Zubi , 2018).

2.7 Aplikasi Penyerap Suara

Industri zaman sekarang telah mengalami kemajuan pesat, terutama pada bidang mesin industri dan otomotif. Kenyamanan suatu ruangan menjadi faktor yang penting. Hal ini yang diterapkan pada prinsip akustik interior, sehingga mendesain interior ruang tertentu harus disesuaikan dengan kebutuhan akustik dari aktivitas yang terjadi di dalamnya, misalnya seperti ruang kelas untuk aktivitas belajar dan mengajar, ruang musik untuk aktivitas musik, *opera house*, gedung *theater*, dan auditorium. Untuk mencapai keadaan akustik yang optimal, terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi. Salah satu faktor utamanya ialah pemilihan material absorpsi suara. Pada pembuatan gedung *theater* di Italy, pemilihan material absorpsi suara diujikan dahulu sebelum proses pengerjaan gedung dilakukan. Material absorpsi suara berupa kayu lapis banyak digunakan pada pembangunan gedung ini. Tabel 2.4 menjelaskan pengujian nilai absorpsi suara pada kayu lapis sebelum proses pengerjaan pada gedung *theater*.

Tabel 2. 4 Koefisien absorpsi suara pada aplikasi gedung *theater* (Leccese, et al., 2012)

Deskripsi	m^2	Frekuensi (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Wooden doors	14	0,17	0,2	0,22	0,22	0,18	0,12
Wooden floors	156	0,03	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17

Wooden floors of the stage	66	0,03	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17

Pada penelitian Kho (2014), dijelaskan terkait dengan studi material bangunan yang berpengaruh pada akustik interior. Koefisien absorpsi suara yang diberikan untuk 6 frekuensi wakil, yaitu 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz. Keenam frekuensi ini merupakan frekuensi – frekuensi penting dalam praktik perancangan akustik pada umumnya. Nilai frekuensi yang lebih tinggi biasanya digunakan dalam aplikasi gedung yang membutuhkan penyerapan yang lebih tinggi. Tabel 2.5 menjelaskan terkait dengan koefisien absorpsi suara pada bahan – bahan bangunan, bahan akustik, dan isi ruangan pada umumnya.

Tabel 2. 5 Koefisien absorpsi suara pada bahan bangunan, bahan akustik, dan isi ruangan (Kho, 2014)

Deskripsi	Frekuensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Acoustic Plaster	0,07	0,17	0,5	0,6	0,65	0,66
Acoustic Steel Deck 150 mm	0,38	0,64	0,71	0,63	0,47	0,4
Concrete Block	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Gypsum Board 13 mm	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Plywood 6 mm	0,6	0,3	0,1	0,09	0,09	0,09
Wood Panel 10 – 13 mm	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15	0,1

Penggunaan material absorpsi suara juga diterapkan pada otomotif, khususnya pada mobil sudah merupakan hal yang biasa di zaman ini. Material absorpsi suara ini secara umum digunakan

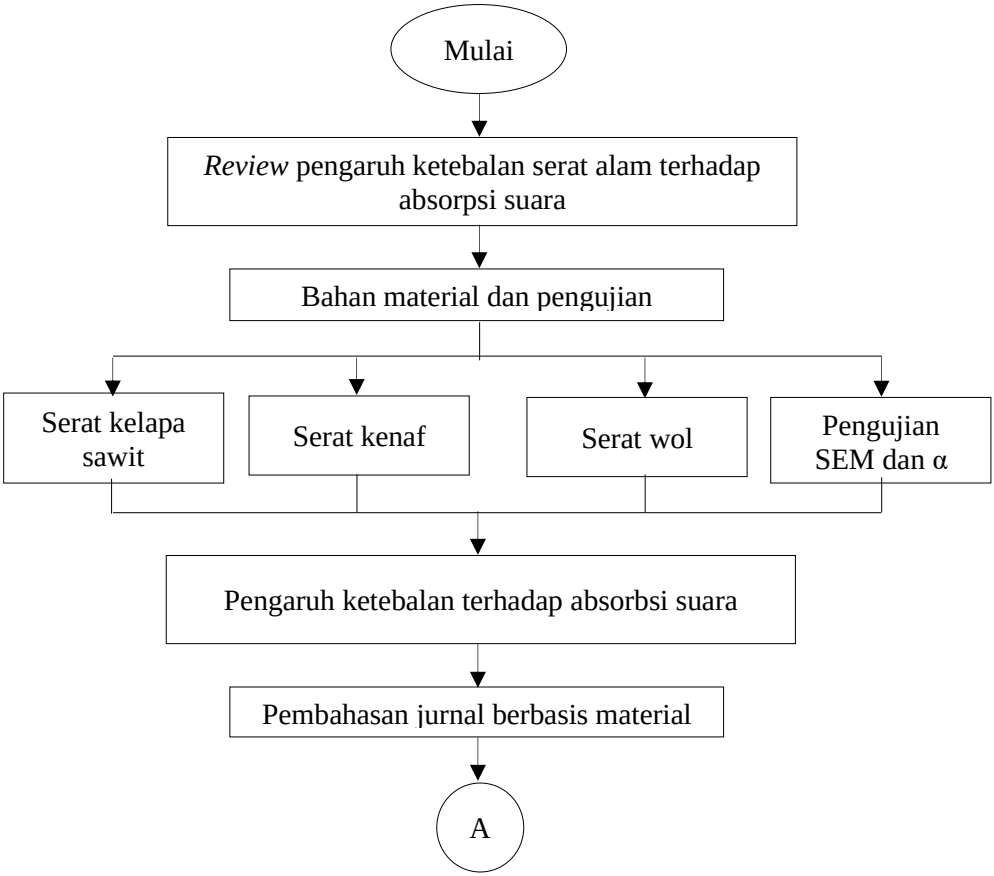
untuk mengurangi tingkat kebisingan yang terdapat pada komponen mobil, seperti mesin, gerigi, roda, dan knalpot. Optimasi desain dan proses manufaktur yang lebih baik dituntut pada zaman ini. Permintaan akan kendaraan yang memiliki berat yang ringan terus dikembangkan oleh produsen – produsen industri zaman sekarang agar bisa memuaskan konsumennya. Keragaman material sangat dituntut untuk mengembangkan produk mereka, mulai dari kombinasi material yang berbeda seperti komposit, plastik dan logam ringan diimplementasikan pada bagian struktural yang berbeda. Aplikasi bahan komposit di industri otomotif sudah mencakup beberapa bagian struktural seperti dasbor, atap, lantai, bumper depan dan belakang, sel keselamatan penumpang, dan panel pintu untuk mengganti logam. *Door Trim* pada mobil yang merupakan bagian interior mobil yang sedang gencar dikembangkan dalam pembuatan mobil masa depan. Dimana komponen interior dan eksterior mobil masa depan diharapkan mampu dengan mudah di daur ulang. Selain itu juga dengan harapan mampu menekan biaya pembuatan dan juga beban total untuk mendukung mobil yang memiliki berat lebih ringan. Henry Ford pertama kali memulai sekaligus menjadi inisiator penggunaan serat alam sebagai bahan baku interior maupun eksterior mobil pada tahun 1940.

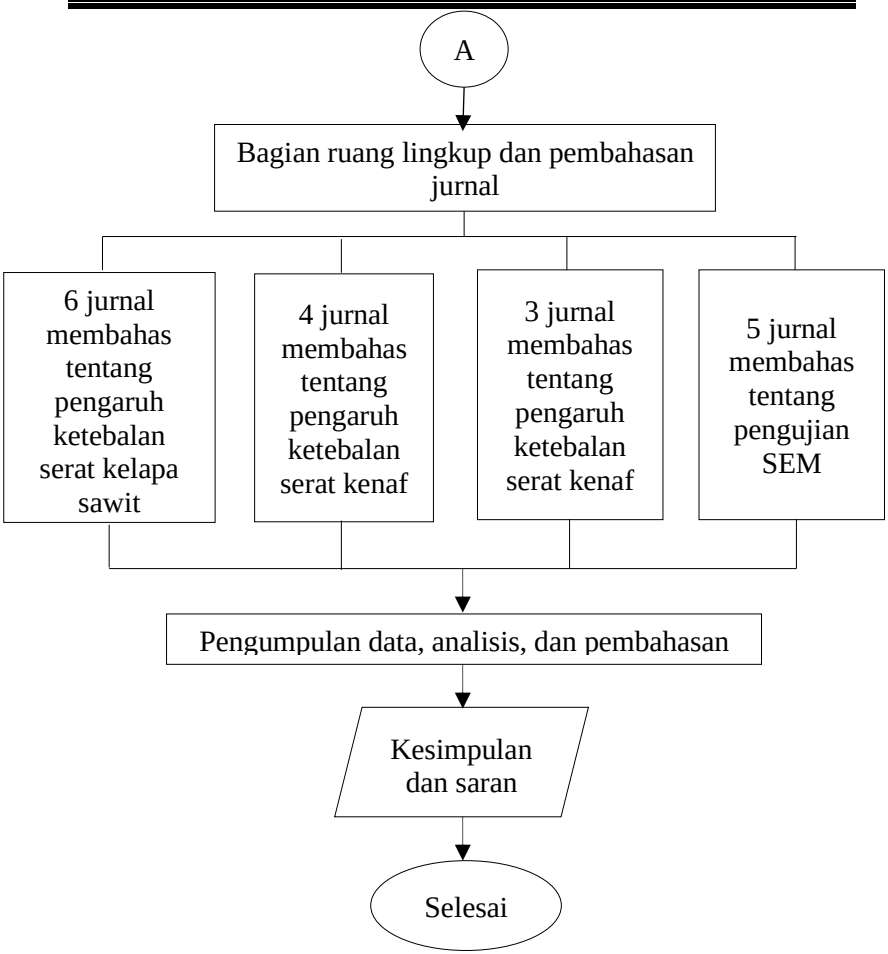
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Pada *review* jurnal ini dikumpulkan 16 jurnal yang meliputi pengaruh ketebalan serat alam terhadap absorpsi suara. Alur penulisan *review* jurnal ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram alir *review* jurnal

3.2 Material

Pada *review* jurnal ini digunakan jenis serat alam yang berbeda – beda untuk menunjang pembahasan dari *review* jurnal. Adapun jenis – jenis serat alam yang digunakan adalah:

Tabel 3. 1 Jenis serat alam

Serat Alam	Ketebalan (mm)	Frekuensi (Hz)	Refrensi
Kelapa Sawit	30 40 50	0 – 6000	Prabowo, et al., (2018)
	8 6 12	0 - 6400	Kalaivani, et al., (2018)
	12 14 16 18	0 - 6400	Mageswaran, et al., (2019)
	30 50	0 – 6000	Al Rahman, et al., (2014)
	10 12 14 16	0 - 6400	Mageswaran, et al., (2018)
	10 20 30 40	0 - 5000	Latif, et al., (2015)
Kenaf	10 20 30	0 – 4500	Lim, et al., (2015)
	10 20 30	0 - 4000	Yahya, et al., (2017)

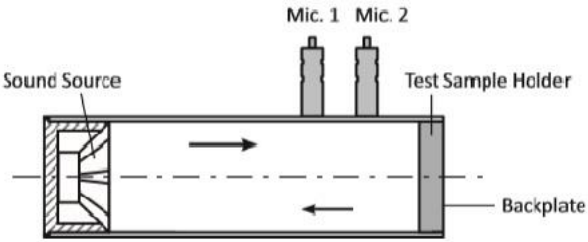
	40 60	0 - 2000	Berardi, et al., (2015)
	3 5 7 10	0 - 6800	Suhawati, et al., (2013)
Wol	6 12 14 18	0 - 6500	Qui, et al., (2018)
	40 60	0 – 2000	Berardi, et al., (2015)
	50 100	0 – 2000	Berardi, et al., (2016)

3.3 Alat Pengujian

Pada *review* jurnal ini, alat – alat pengujian di jurnal yang digunakan untuk menunjang *review* jurnal ini adalah uji Koefisien Absorpsi Suara dan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM).

3.3.1 Koefisien Absorpsi Suara (α)

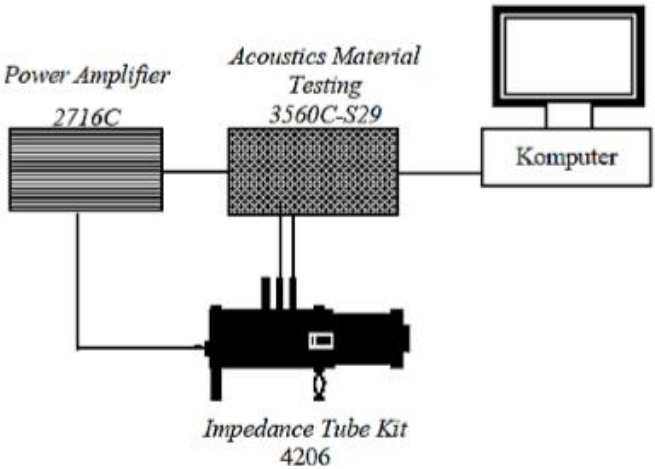
Pengujian Absorpsi Suara adalah pengujian yang tujuannya mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dengan harga α (koefisien penyerap bahan terhadap bunyi). Prinsipnya adalah semakin besar nilai α, maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika nilai α adalah 0, maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut. Sebaliknya jika nilai α adalah 1, maka 100% bunyi diserap oleh material. Peralatan yang digunakan untuk pengujian koefisien absorpsi suara ini adalah *impedance tube* dengan standarisasi ASTM E1050 yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Impedance tube* (ASTM E1050)

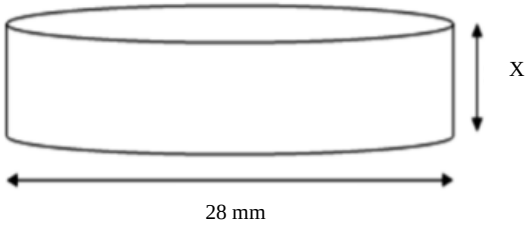
Adapun rangkaian alat pada pengujian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.3 dan dijelaskan sebagai berikut:

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 mengelolah dan menampilkan data pengujian



Gambar 3. 3 Rangkaian alat uji absorpsi suara (ASTM E1050)

Pada uji absorpsi suara, dimensi yang digunakan yaitu dengan diameter 28 mm dan tinggi yang disesuaikan. Dimensi dari spesimen serat alam dengan variasi ketebalan yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Dimensi spesimen uji absorpsi suara (Yahya & Chin, 2017)

3.3.2 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

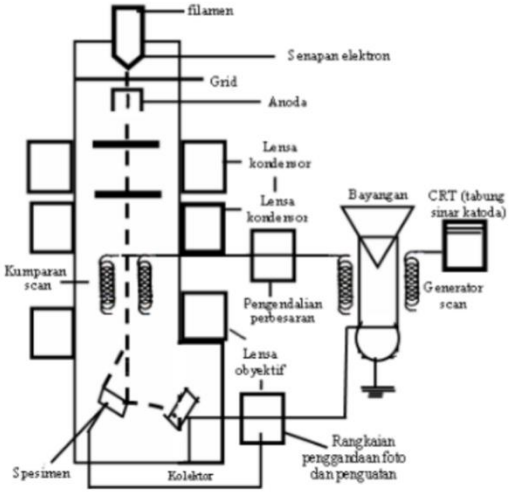
Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memberikan informasi tentang topografi, morfologi, komposisi, ukuran partikel, pori, kristalografi dari suatu material. Morfologi menunjukkan bentuk dan ukuran, sementara topografi menunjukkan fitur permukaan suatu benda, teksturnya, kehalusannya atau kekasarannya. Demikian juga, komposisi berarti elemen dan senyawa yang membentuk bahan, sedangkan kristalografi berarti susunan atom dalam bahan. SEM memiliki pembesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm (Akhtar, et al., 2019).

Menurut Farikhin (2016), prinsip kerja dari SEM ditunjukan oleh Gambar 3.5 dan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Electron gun menghasilkan electron beam dari filamen. Pada umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berupa lilitan

tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya 6 pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.

2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik *Secondary Electron* (SE) atau *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor.



Gambar 3. 12 Prinsip kerja SEM (Farikhin, 2016)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

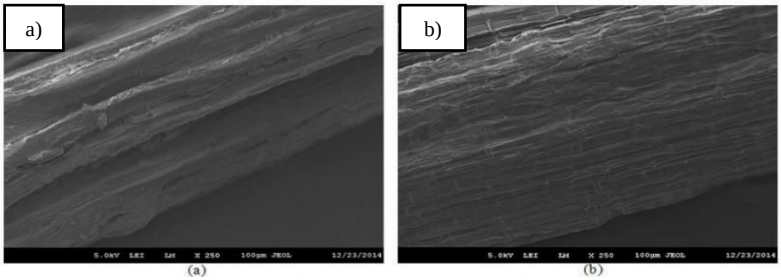
4.1 Hasil

Pada *review* jurnal ini dilakukan analisis hasil data berbasis material sebagai berikut:

4.1.1 Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

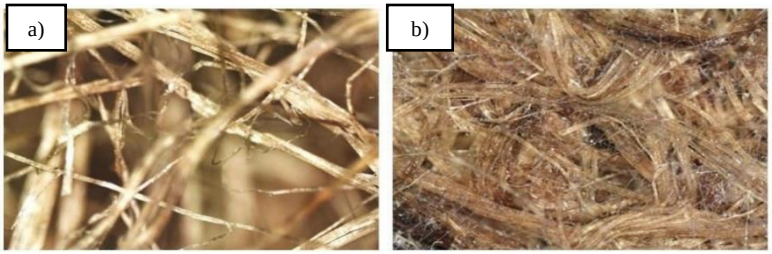
Pada Hasil data ini, akan dianalisis hasil data dari uji SEM serat kelapa sawit, kenaf, dan wol.

Sambu, et al. (2016), melakukan pengujian SEM dan *Digital Microscope Scan* terkait dengan sifat morfologi terhadap serat kenaf yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2. Gambar 4.1 terdiri dari 2 gambar, yaitu (a) serat kenaf murni sebelum diberi perlakukan alkalisasi, (b) serat kenaf murni yang telah diberi perlakuan alkalisasi. Pada Gambar 4.1 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa proses alkalisasi dapat menghilangkan zat pengotor pada serat kenaf. Permukaan serat kenaf yang diberi perlakuan alkalisasi memiliki efek pada serat, seperti peningkatan kekasaran pada permukaan. Kondisi ini membatu menciptakan *interlocking* yang lebih baik antara pengikat dan serat.



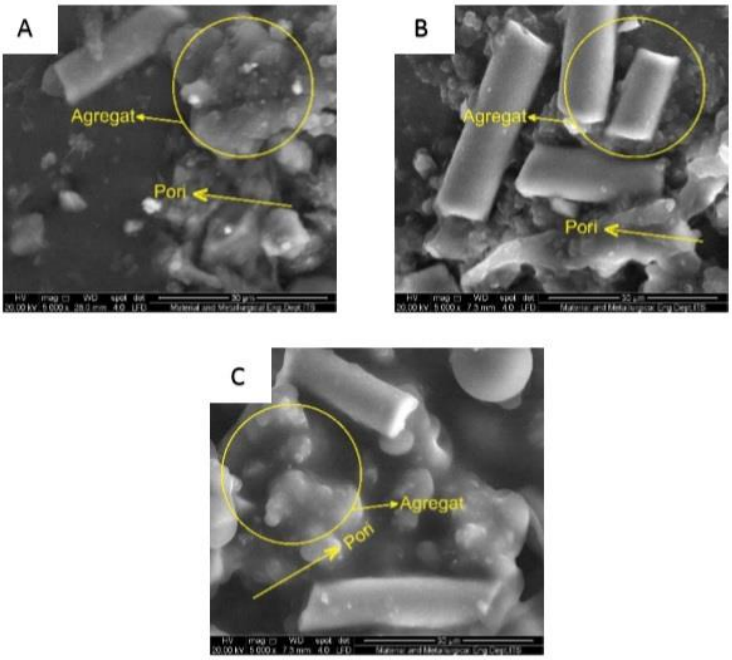
Gambar 4. 1 Pengujian SEM pada serat kenaf; a)serat kenaf murni, b)dengan perlakuan alkalisasi (Sambu, et al., 2016)

Sedangkan pada Gambar 4.2 (a) dan (b) merupakan hasil *Digital Microscope Scan*. Gambar 4.2 (a) serat kenaf murni dan (b) serat kenaf yang telah diberi *Natural Rubber*. Pada Gambar 4.2 (a) memiliki lebih banyak pori dan celah mikro dibandingkan dengan Gambar 4.2 (b) yang berikatan dengan *Natural Rubber*. Tampilan seperti jaring yang sangat kecil adalah gambar *natural rubber* yang berikatan dengan serat kenaf. Hal ini menunjukkan bahwa *natural rubber* telah berikatan dengan serat kenaf dengan baik. Semakin tinggi presentase *natural rubber*, semakin kuat ikatan yang diperoleh. Tetapi ini juga menyebabkan penyerapan absorpsi suara material yang diujikan berkurang karena pori – pori dan celah mikro diisi oleh *natural rubber*.



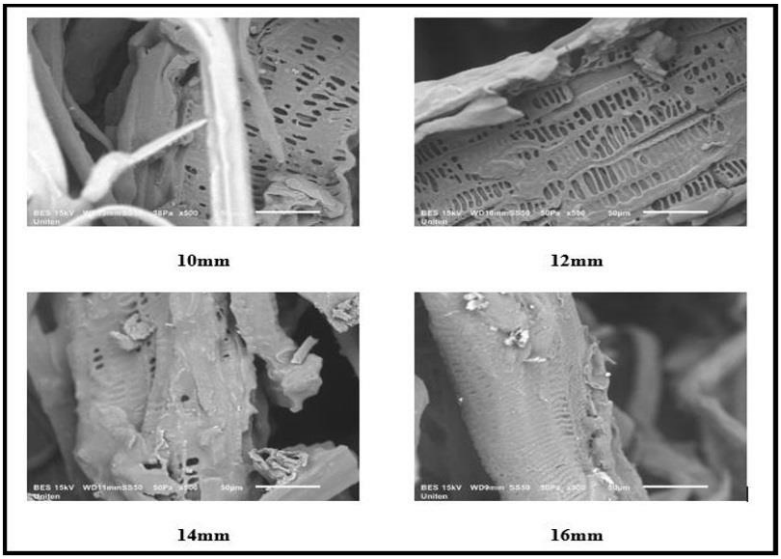
Gambar 4. 2 Pengujian *Digital Microscope Scan*; a)serat kenaf murni, b)dengan *Natural Rubber* (Sambu, et al., 2016)

Pada penelitian Farid, et al., (2018) melakukan penelitian terkait dengan pengaruh ketebalan komposit poliester berpenguat nanoselulosa pada Gambar 4.3 menunjukkan hasil SEM dengan ketebalan yang berbeda, yaitu (a) 1,5 mm, (b) 2,6 mm, dan (c) 3,0 mm. Pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya pori pada komposit dan pori yang tidak beraturan. Namun semakin meningkatnya ketebalan maka porositas akan semakin tinggi.



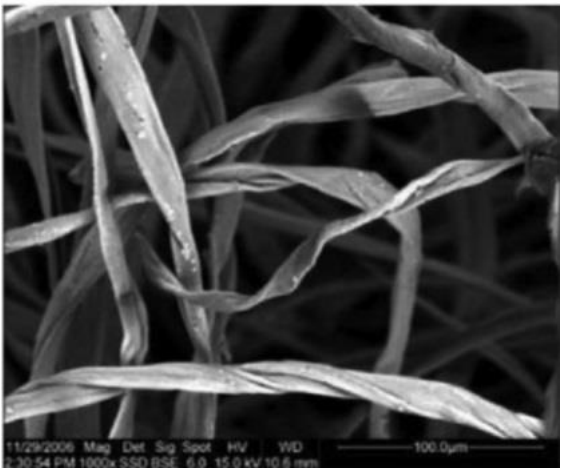
Gambar 4. 3 Pengujian SEM pada nanoselulosa; a)1,5 mm, b)2,6 mm, c)3,0 mm (Aljabir, et al., 2018)

Magesawran, et al., (2018) melakukan penelitian terkait dengan pengaruh ketebalan serat kelapa sawit. Gambar 4.4 menunjukkan pengujian SEM terhadap pengaruh ketebalan serat kelapa sawit dengan pembesaran x200. Pada ketebalan 10 mm, 12 mm, 14 mm, dan 16 mm terlihat pori. Namun, pada ketebalan 10 mm dan 12 mm, pori tampak terlihat jelas dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan 14 mm dan 16 mm. Peningkatan jaringan sel parenkim dapat meningkatkan kemampuan absorpsi suara dalam serat karena lebih banyak aliran udara dalam serat. Namun demikian, untuk frekuensi di atas 4000 Hz, jaringan sel parenkim mungkin tidak terlalu memiliki peran penting dalam menentukan nilai absorpsi suara.

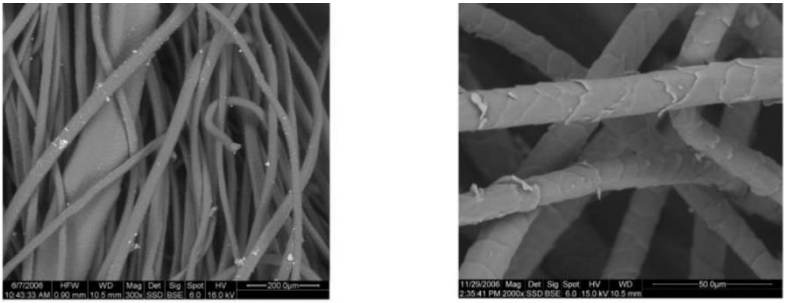


Gambar 4. 4 Pengujian SEM pada serat kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2018)

Berardi, et al. (2015) melakukan penelitian terkait dengan pengaruh ketebalan pada serat wol yang ditunjukkan Gambar 4.5. Gambar 4.6 menjelaskan terkait dengan struktur awal serat wol sebelum diberi perlakuan dan divariasikan ketebalannya. Struktur morfologi dari serat wol lebih detail ditunjukkan pada Gambar 4.6 dengan *range* ukuran a)200µm dan b)50 µm.



Gambar 4. 5 Pengujian SEM pada serat wol (Berardi & Iannace, 2015)

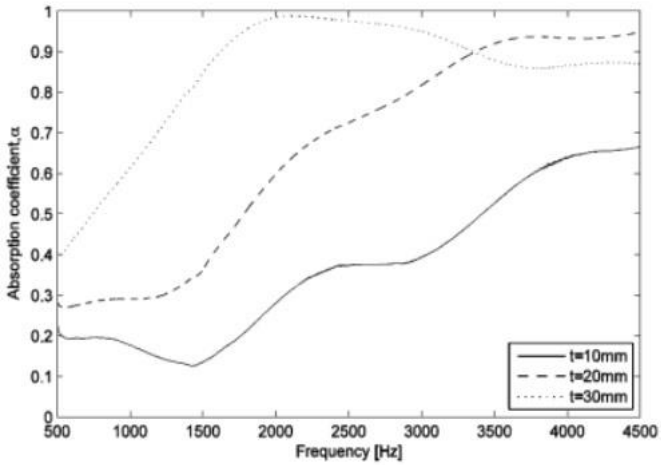


Gambar 4. 6 Pengujian SEM pada serat wol; a)200µm dan b)50µm (del Rey, et al., 2017)

4.1.2 Uji Koefisien Absorpsi Suara (α)

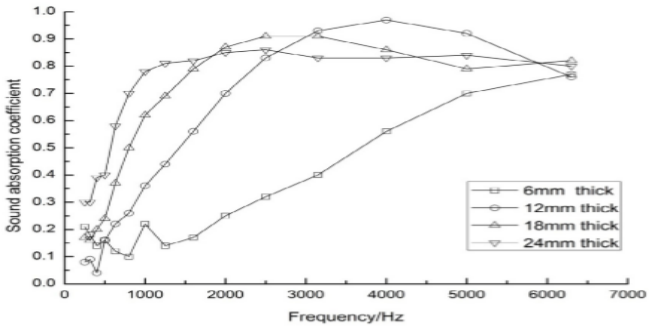
Pada Hasil data ini, akan dianalisis hasil data dari uji koefisien absorpsi suara (α) serat kelapa sawit, kenaf, dan wol.

Pada Gambar 4.7, menunjukkan hasil dari nilai koefisien absorpsi suara pada ketebalan serat kenaf 10 mm, 20 mm, dan 30 mm pada jurnal penelitian Lim, et al. (2015). Pada Gambar 4.7, nilai absorpsi suara tertinggi adalah sebesar 0,99 pada frekuensi 2000 Hz dengan ketebalan 30 mm. Sedangkan pada ketebalan 20 mm memiliki nilai absorpsi tertinggi sebesar 0,95 pada frekuensi 4500 Hz dan ketebalan 10 mm sebesar 0,68 pada frekuensi 4500 Hz.



Gambar 4. 7 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Lim, et al., 2015)

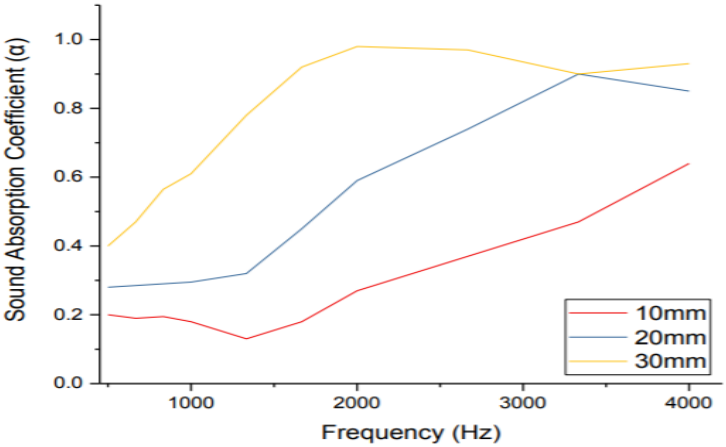
Qui, et al. (2018) melakukan penelitian terkait dengan ketebalan pada serat wol dengan variasi ketebalan yang berbeda – beda. Penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.8. Gambar 4.8 menujukan nilai dari koefisien absorpsi suara pada serat wol dengan variasi ketebalannya adalah 6 mm, 12 mm, 18 mm, dan 24 mm. Nilai absorpsi suara tertinggi ketebalan serat wol 12 mm merupakan nilai absorpsi tinggi dibandingkan dengan ketebalan lainnya. Nilai absorpsinya yaitu sebesar 0,97 pada frekuensi 4250 Hz. Pada ketebalan 6 mm, 18 mm, dan 24 mm memiliki nilai absorpsi suara sebesar 0,75, 0,9, dan 0,85 pada frekuensi 6300 Hz, 2500 Hz, dan 2000 Hz.



Gambar 4. 8 Koefisien absorpsi suara serat wol (Qui & Enhui, 2018)

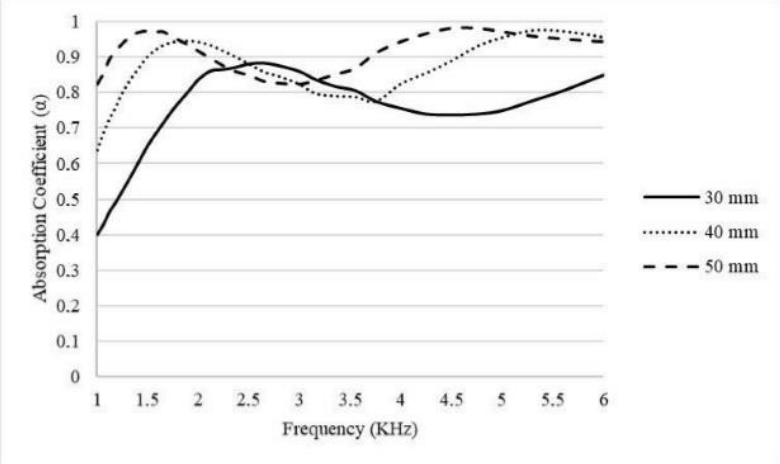
Yahya, et al. (2017) telah melakukan penelitian terkait dengan nilai koefisien absorpsi suara pada serat kenaf. Pada Gambar 4.9, menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara pada serat kenaf pada ketebalan 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Penelitian ini menggunakan frekuensi 0 Hz hingga 4000 Hz untuk pengujian pada tiap ketebalannya. Pada ketebalan serat kenaf 30 mm memiliki nilai absorpsi suara paling tinggi dibandingkan dengan ketebalan serat lainnya. Nilai absorpsi suara sebesar 0,97 pada frekuensi 2000 Hz menjadi nilai absorpsi tertinggi pada ketebalan 30 mm. Sedangkan untuk ketebalan 10

mm dan 20 mm memiliki nilai absorpsi tertinggi yaitu 0,9 pada frekuensi 3350 Hz dan 0,6 pada frekuensi 4000 Hz.



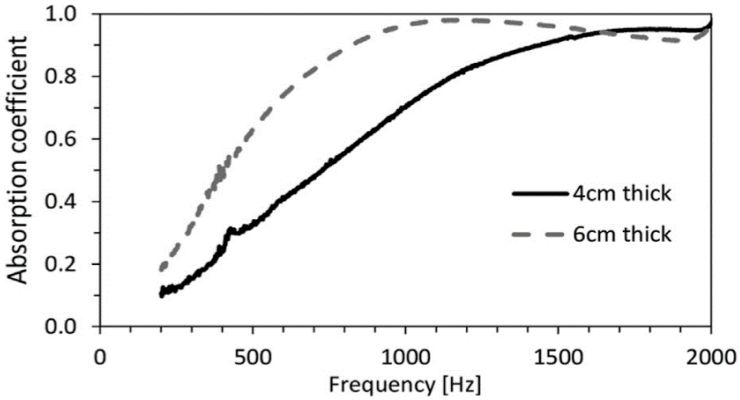
Gambar 4. 9 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Yahya & Chin, 2017)

Pada penelitian Prabowo et al. (2018), melakukan penelitian tentang koefisien absorpsi suara terhadap serat kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan variasi ketebalan dengan masing - masing ketebalan seratnya yaitu 30 mm, 40 mm dan 50 mm yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10. Gambar 4.10 menjelaskan nilai absorpsi suara serat kelapa sawit pada frekuensi 0 Hz hingga 6000 Hz. Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kelapa sawit didapatkan pada ketebalan 50 mm, yaitu sebesar 0,97 pada frekuensi 4700 Hz. Sedangkan untuk ketebalan 30 mm dan 40 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi yang berbeda. Pada ketebalan 30 mm, memiliki nilai absorpsi suara 0,88 pada frekuensi 2750 Hz. Sedangkan pada ketebalan 40 mm memiliki nilai absorpsi suara maksimum sebesar 0,95 pada frekuensi 5400 Hz.



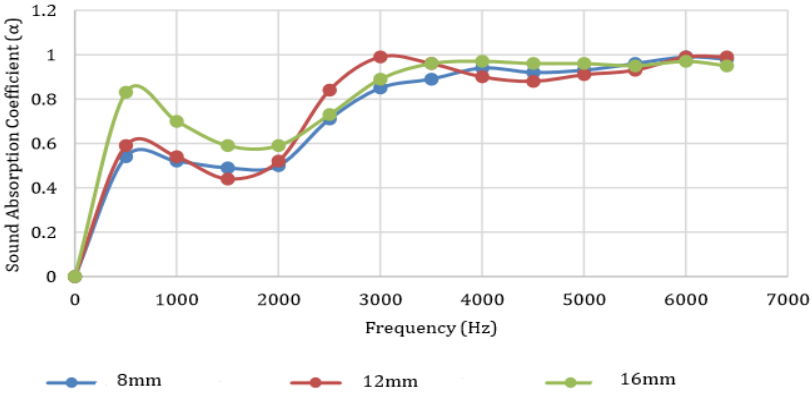
Gambar 4. 10 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Prabowo, et al., 2019)

Pada Gambar 4.11, Berardi, et al. (2015) melakukan penelitian terkait nilai koefisien absorpsi suara dari serat wol dengan variasi ketebalan yang berbeda – beda. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 40 mm dan 60 mm pada frekuensi 0 Hz hingga 2000 Hz. Nilai absorpsi suara tertinggi ditunjukkan pada serat wol dengan ketebalan 60 mm sebesar 0,95 di dapatkan pada frekuensi 1350 Hz. Sedangkan untuk ketebalan 40 mm didapatkan nilai absorpsi suara sebesar 0,93 pada frekuensi 2000 Hz.



Gambar 4. 11 Koefisien absorpsi suara pada serat wol (Berardi & Iannace, 2015)

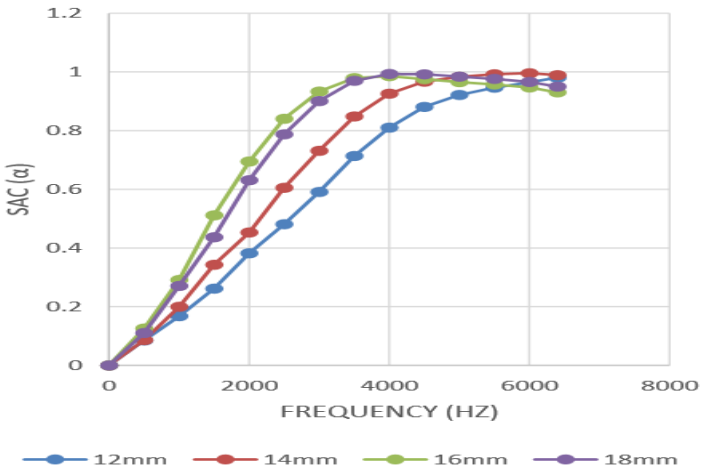
Kalaivani, et al. (2018) melakukan penelitian terkait dengan nilai absorpsi suara terhadap serat kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan variasi ketebalan dengan tebal masing – masing serat yaitu 8 mm, 12 mm, dan 16 mm ditunjukkan oleh Gambar 4.12. Nilai absorpsi suara tertinggi dimiliki oleh serat kelapa sawit yang memiliki ketebalan 12 mm pada frekuensi 3000 Hz, 6000 Hz, dan 6400 Hz. Sedangkan untuk serat kelapa sawit dengan ketebalan 8 mm dan 16 mm hampir mencapai nilai absorpsi suara tertinggi seperti ketebalan 12 mm, namun pada frekuensi yang berbeda. Frekuensi yang ditunjukkan sekitar 4000 Hz hingga 6000 Hz untuk mencapai nilai absorpsi suara tertinggi dengan rata – rata sebsar 0,96.



Gambar 4. 12 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Kalaivani, et al., 2018)

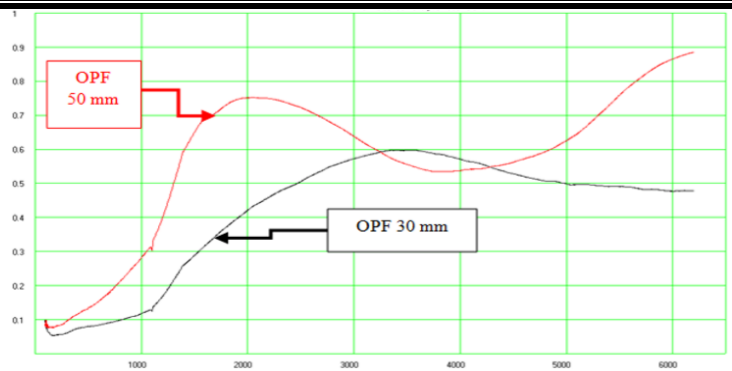
Mageswaran, et al. (2019) telah melakukan penelitian terkait dengan nilai koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit. Pada Gambar 4.13, menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit pada ketebalan 12 mm, 14 mm, 16 mm, dan 18 mm. Penelitian ini menggunakan frekuensi 0 – 6400 Hz untuk pengujian tiap – tiap ketebalan serat kelapa sawit. Pada ketebalan serat 16 mm dan 18 mm, menunjukkan penurunan yang secara perlahan setelah frekuensi 4000 Hz. Ditemukan bahwa nilai koefisien absorpsi suara meningkat seiring dengan meningkatnya ketebalan pada tiap seratnya. Nilai koefisien absorpsi suara tiap ketebalan dapat mencapai rata – rata sekitar 0,8 pada frekuensi 4000 – 6400 Hz. Selanjutnya untuk serat kelapa sawit dengan ketebalan 16 mm dan 18 mm memiliki nilai koefisien absorpsi suara rata – rata sebesar 0,8 pada frekuensi yang lebih luas dibandingkan dengan ketebalan serat 12 mm dan 14 mm, yaitu 2500 Hz hingga 6400 Hz. Pada frekuensi tinggi sekitar 5000 Hz, ketebalan tiap serat alam mencapai nilai

koefisien absorpsi suara sebesar 0,92 dan mulai turun sekitar frekuensi 5500 Hz.



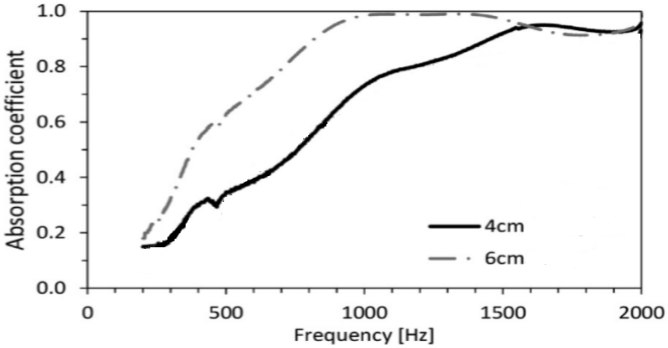
Gambar 4. 13 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2019)

Pada penelitian Al Rahman, et al. (2014), melakukan penelitian tentang koefisien absorpsi suara terhadap serat kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan variasi ketebalan dengan masing - masing ketebalan seratnya yaitu 30 mm dan 50 mm yang ditunjukkan oleh Gambar 4.14. Gambar 4.14 menjelaskan nilai absorpsi suara serat kelapa sawit pada frekuensi 0 Hz hingga 6000 Hz. Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kelapa sawit didapatkan pada ketebalan 50 mm, yaitu sebesar 0,87 pada frekuensi 6000 Hz. Sedangkan untuk ketebalan 30 mm nilai absorpsi suara tertingginya sebesar 0,59 pada frekuensi 3500 Hz.



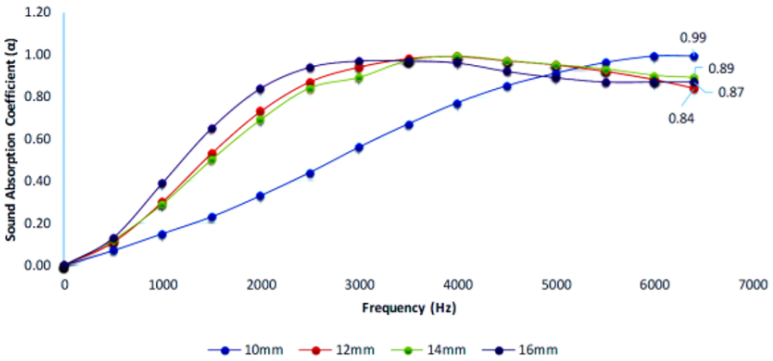
Gambar 4. 14 Koefisien absorpsi suara pada serat kelapa sawit (ALRahman, et al., 2014)

Berardi, et al. (2015) melakukan penelitian terkait nilai koefisien absorpsi suara dari serat kenaf dengan variasi ketebalan yang berbeda – beda. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 40 mm dan 60 mm pada frekuensi 0 Hz hingga 2000 Hz yang ditujukan pada Gambar 4.15. Nilai koefisien absorpsi suara tertinggi ditunjukkan pada serat kenaf dengan ketebalan 60 mm. Nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,99 di dapatkan pada rentang frekuensi 1000 Hz hingga 1350 Hz. Sementara untuk ketebalan 40 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,93 pada frekuensi 2000 Hz.



Gambar 4. 15 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Berardi & Iannace, 2015)

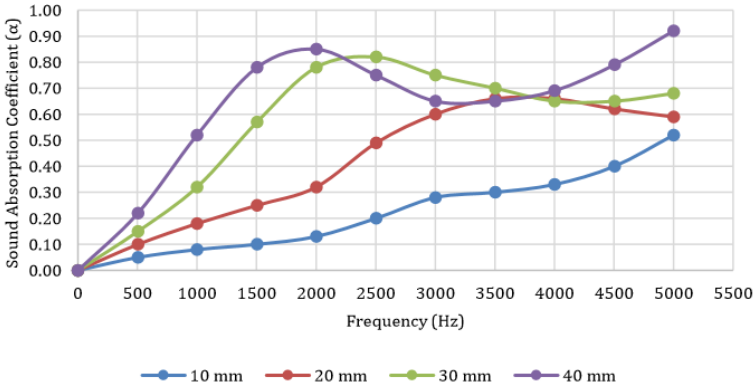
Mageswaran, et al. (2018) melakukan penelitian terkait dengan nilai absorpsi suara pada serat kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan ketebalan dari tiap serat kelapa sawit untuk variabel dalam penelitiannya. Ketebalan pada serat kelapa sawit yang digunakan adalah 10 mm, 12 mm, 14 mm, dan 16 mm pada frekuensi 0 Hz hingga 6400 Hz. Pada Gambar 4.16 menunjukkan efek ketebalan yang berbeda – beda pada nilai absorpsi suara di frekuensi 0 Hz hingga 6400 Hz. Nilai absorpsi suara tertinggi didapatkan pada ketebalan serat kelapa sawit 10 mm, 12 mm, dan 14 mm sebesar 0,99. Nilai absorpsi suara tertinggi ini didapatkan pada frekuensi puncak yang berbeda – beda, yaitu 10 mm pada frekuensi 6400 Hz dan 12 mm serta 14 mm pada frekuensi 4000 Hz. Sedangkan untuk ketebalan serat kelapa sawit 16 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,97. Nilai absorpsi suara didapatkan pada frekuensi 3500 Hz.



Gambar 4. 16 Koefisien absorpsi suara pada kelapa sawit (Mageswaran, et al., 2018)

Latif, et al. (2015) melakukan penelitian terkait nilai koefisien absorpsi suara dari serat kelapa sawit dengan variasi ketebalan yang berbeda – beda. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm pada frekuensi 0 Hz hingga 5000 Hz yang ditujukan pada Gambar

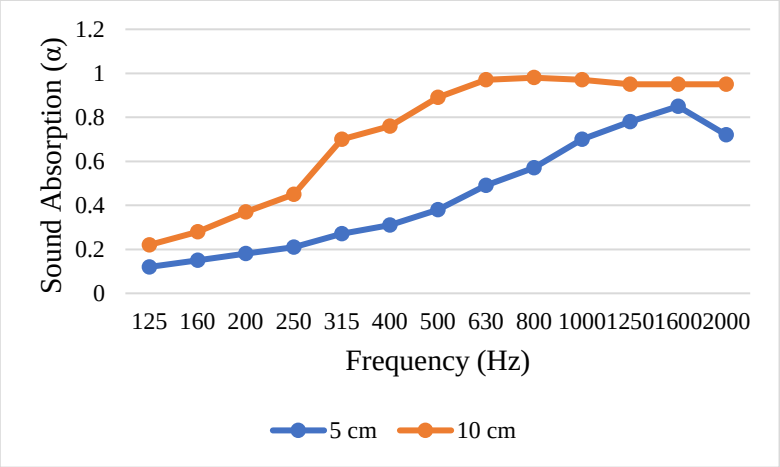
4.17. Pada penelitian ini, serat diberi perlakuan alkalisasi dengan 10% NaOH. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan yang tidak diinginkan (lignin dan hemiselulosa). Sampel ini memiliki diameter 28 cm dan ketebalan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm. Nilai koefisien absorpsi suara maksimal ditunjukkan pada serat kelapa sawit dengan ketebalan 40 mm. Nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,93 di dapatkan pada frekuensi 5000 Hz. Sementara untuk masing - masing ketebalan memiliki nilai koefisien absorpsi suara tertinggi yang berbeda - pada tiap frekuensinya. Nilai absorpsi suara tertinggi pada ketebalan 30 mm adalah sekitar 0,83 pada frekuensi 2500 Hz. Pada ketebalan 20 mm didapatkan nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,67 pada frekuensi 4000 Hz, sedangkan pada ketebalan 10 mm didapatkan nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,52 pada frekuensi 5000 Hz.



Gambar 4. 17 Koefisien absorpsi suara pada kelapa sawit (Latif, et al., 2015)

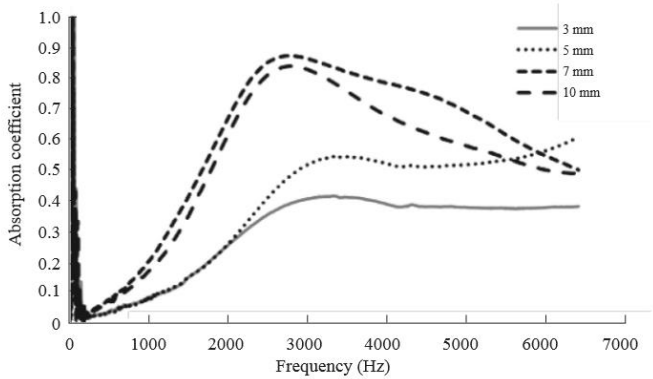
Berardi, et al. (2016) melakukan penelitian terkait nilai koefisien absorpsi suara dari serat wol dengan variasi ketebalan yang berbeda – beda. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 50 mm dan 100 mm pada frekuensi 125 Hz hingga 2000 Hz yang ditujukan pada Gambar 4.18. Nilai koefisien absorpsi suara

tertinggi ditunjukkan pada serat wol dengan ketebalan 100 mm. Nilai absorpsi suara tertinggi sebesar 0,98 di dapatkan pada frekuensi 800 Hz. Sedangkan untuk ketebalan 50 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi 0,85 pada frekuensi 1600 Hz.



Gambar 4. 18 Koefisien absorpsi suara pada serat wol (Berardi, et al., 2016)

Suhwati, et al. (2013) melakukan penelitian terkait dengan pengaruh ketebalan serat kenaf terhadap nilai absorpsi suara. Pada penelitian ini, serat kenaf dicampurkan dengan *foamed* rubber dan divariasikan ketebalannya. Gambar 4.13 menunjukkan variasi dengan ketebalan masing – masing 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan 10 mm pada komposit serat rami yang dilakukan pada frekuensi 0 – 6800 Hz. Ketebalan 7 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi dibandingkan dengan ketebalan lainnya, yaitu sebesar 0,88 pada frekuensi 2800 Hz. Sedangkan untuk ketebalan 3 mm, 7 mm, dan 10 mm memiliki nilai absorpsi suara tertinggi masing – masing sebesar 0,4, 0,53, dan 0,85 pada frekuensi masing – masing yaitu 3250 Hz, 3500 Hz, dan 2750 Hz.



Gambar 4. 19 Koefisien absorpsi suara pada serat kenaf (Suhawati, et al., 2013)

4.2 Pembahasan

Pada *review* jurnal ini dilakukan pembahasan dengan ruang lingkup pembahasan jurnal sebagai berikut

4.2.1 Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis terkait morfologi pada suatu material. Peningkatan ketebalan akan meningkatkan juga nilai absorpsi suara pada serat alam. Pada penelitian Farid, et al., (2018) menjelaskan bahwa ketebalan yang meningkat akan meningkatkan juga porositas. Sehingga nilai absorpsi suara juga akan semakin meningkat. Hal ini didukung pada Penelitian Taban, et al., (2019). Taban, et al., (2019) yang meneliti ketebalan dari serat kurma dengan ketebalan 20 mm, 30 mm, dan 40 mm ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Efek porositas pada nilai absorpsi suara (Taban, et al., 2019)

Ketebalan (mm)	Porositas (%)	Nilai α tertinggi	Frekuensi (Hz)
20	92,76	0,6	0 - 2000
30	92,78	0,73	
40	92,80	0,78	

Pada penelitian Sambu, et al., (2016) dijelaskan bahwa efek kepadatan dan porositas bahan berpori yang terbuat dari serat alam berpengaruh pada nilai absorpsi suara. Porositas yang meningkat akan meningkatkan absorpsi suara. Hal yang lain bisa dilakukan dengan mengurangi presentase dari *natural rubber*. Pada serat kenaf murni yang diberi perlakuan alkalisasi akan memberikan nilai absorpsi suara yang lebih tinggi karena banyak pori dan celah yang memungkinkan terjadinya penyerapan suara dibandingkan dengan serat kenaf yang diberi *natural rubber*. Jika dilihat dari segi kekasarannya, serat kenaf (Gambar 4.1) serat wol (Gambar 4.6 dan 4.7) memiliki tingkat kekasarannya yang hampir sama (del Rey, et al., 2017). Kekasaran yang meningkat akan meningkatkan gaya gesek pada penyerapan suara. Semakin banyak gaya gesekan, maka semakin tinggi juga nilai absorpsi suara yang dihasilkan (Farid, et al., 2015).

4.2.2 Uji Koefisien Absorpsi Suara (α)

Pada pembahasan uji koefisien absorpsi suara (α), dibagi menjadi 3 material, yaitu serat kelapa sawit, serat kenaf, dan serat wol.

4.2.2.1 Serat Kelapa Sawit

Tabel 4. 2 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kelapa sawit

Refrensi	Ketebalan (mm)	Nilai α tertinggi	Frekuensi (Hz)
Prabowo, et al., (2018)	30	0,8	0 – 2000
	40	0,93	
	50	0,97	
Kalaivani, et al., (2018)	8	0,58	0 – 2000
	12	0,62	
	16	0,83	
Mageswaran, et al., (2019)	12	0,38	0 - 2000
	14	0,43	
	16	0,7	
	18	0,63	
Al Rahman, et al., (2014)	30	0,43	0 - 2000
	50	0,75	
Mageswaran, et al., (2018)	10	0,3	0 - 2000
	12	0,77	
	14	0,65	
	16	0,8	
Latif, et al., (2015)	10	0,13	0 - 2000
	20	0,32	
	30	0,78	
	40	0,85	

Tabel 4.2 menunjukkan nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kelapa sawit dengan 6 jurnal yang berbeda. Nilai absorpsi suara tertinggi serat kelapa sawit yaitu sebesar 0,97 dengan *range* frekuensi 0 – 2000 Hz pada penelitian Prabowo, et al., (2018). Pada umumnya, nilai absorpsi suara tertinggi didapatkan pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini sudah sesuai dengan teori dimana kenaikan ketebalan akan mempengaruhi nilai absorpsi suaranya. Pada frekuensi rendah, serat kelapa sawit memiliki nilai absorpsi suara yang tinggi dan terus meningkat seiring dengan meningkatnya ketebalan dari serat. Material berpori dengan semakin tebalnya material maka memungkinkan energi bunyi dapat diserap dengan mudah pada frekuensi rendah hingga tinggi (Latif, et al., 2015).

Namun, semakin meningkatnya ketebalan maka hal itu akan menunjukkan efek yang tidak signifikan pada nilai koefisien absorpsi suara terutama pada frekuensi yang lebih tinggi. Pada beberapa penelitian juga dibuktikan bahwa serat dengan ketebalan yang lebih tinggi tidak selamanya memiliki nilai absorpsi suara yang tinggi juga dibandingkan dengan serat yang memiliki ketebalan yang lebih rendah. Hal ini bisa terjadi karena serat yang kurang padat tidak menghasilkan nilai absorpsi suara yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat yang lebih padat.

Hasil Uji SEM Mageswaran, et al. (2018) pada Gambar 4.4, menyebutkan bahwa ketebalan yang meningkat, maka jumlah serat dalam sampel meningkat sehingga menyebabkan porositas dalam material menurun. Ketika porositas berkurang, hal tersebut dapat mengurangi tingkat penyerapan suara pada frekuensi yang semakin tinggi (Kalaivani, et al., 2018). Hasil penelitian pada Kalaivani, et al., (2018) menunjukkan bahwa serat kelapa sawit dengan *range* frekuensi 0 – 2000 Hz mencapai nilai absorpsi tertingginya pada frekuensi 800 Hz dengan nilai absorpsi suaranya pada tiap ketebalan adalah 0,58 (8 mm), 0,62 (12 mm), dan 0,83 pada (16 mm). Ketika frekuensi melewati 800 Hz, maka nilai absorpsi suaranya akan turun kembali.

Dari data tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai terbaik ketebalan serat kelapa sawit pada nilai koefisien absorpsi suara yaitu pada *range* 16 – 50 mm. Dimana pada *range* tersebut memiliki nilai koefisien absorpsi suara sekitar 0,6 – 0,97.

4.2.2.2 Serat Kenaf

Tabel 4. 3 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kenaf

Refrensi	Ketebalan (mm)	Nilai α tertinggi	Frekuensi (Hz)
Lim, et al., (2015)	10	0,3	0 - 2000
	20	0,6	
	30	0,97	
Yahya, et al., (2017)	10	0,28	0 - 2000
	20	0,57	
	30	0,97	
Berardi, et al., (2015)	40	0,9	0 - 2000
	60	0,99	
Suhawati, et al., (2013)	3	0,28	0 - 2000
	5	0,28	
	7	0,8	
	10	0,6	

Tabel 4.3 menunjukkan nilai absorpsi suara tertinggi pada serat kenaf dengan 4 jurnal yang berbeda. Pada penelitian Berardi, et al., (2015) memiliki nilai absorpsi suara tertinggi terbaik diantara 3 jurnal lainnya, yaitu sebesar 0,99 pada frekuensi 1000 Hz hingga 1350 Hz. Pada frekuensi sekitar 2000 Hz, serat kenaf pada penelitian Berardi et. al., (2015) mengalami penurunan nilai absorpsi suara dari 0,99 menjadi 0,9. Penurunan nilai absorpsi suara ini seiring dengan kenaikan frekuensi karena pengaruh karakter sifat fisik tiap serat yang berbeda – beda (Yahya & Chin, 2017). Jika dilihat pada Gambar 4.7, 4.9, 4.15,

dan 4.19, serat kenaf memiliki kenaikan nilai absorpsi suara yang hampir stabil di setiap ketebalannya. Kenaikan ketebalan juga akan mempengaruhi nilai absorpsi suaranya.

Hal ini dibuktikan pada hasil uji SEM pada Gambar 4.1 dan 4.2, dimana porositas akan mempengaruhi kinerja dari penyerapan suara. Sehingga semakin tebal suatu material maka akan memungkinkan porositas yang akan semakin meningkat. Meningkatnya porositas berbanding lurus dengan nilai absorpsi suara, sehingga porositas yang tinggi maka semakin tinggi juga kenaikan dari nilai absorpsi suaranya, terutama pada frekuensi rendah. Pada frekuensi rendah akan mengalami kenaikan yang signifikan seiring dengan kenaikan ketebalannya juga. Jika dilihat kembali pada Tabel 4.3, pada frekuensi diatas 1000 Hz serat kenaf dengan masing – masing ketebalannya memiliki nilai absorpsi suara sekitar 0,8.

Dari data tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai terbaik ketebalan serat kenaf pada nilai absorpsi suara yaitu pada *range* 20 - 60 mm. Dimana pada *range* tersebut memiliki nilai absorpsi suara sekitar 0,57 – 0,99.

4.2.2.3 Serat Wol

Tabel 4. 4 Nilai absorpsi suara tertinggi pada serat wol

Refrensi	Ketebalan (mm)	Nilai α tertinggi	Frekuensi (Hz)
Qui, et al., (2018)	6	0,23	0 - 2000
	12	0,7	
	18	0,87	
	24	0,83	
Berardi, et al., (2015)	40	0,97	0 - 2000
	60	0,97	
Berardi, et al., (2016)	50	0,83	0 - 2000
	100	0,98	

Pada tabel 4.4 menunjukkan nilai absorpsi suara tertinggi pada serat wol dengan 3 jurnal yang berbeda. Nilai absorpsi suara tertinggi didapatkan pada penelitian Berardi, et al., (2016) sebesar 0,98 pada frekuensi 800 Hz yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. Pada frekuensi 2000 Hz, nilai absorpsi suara menurun. Hal ini disebabkan karena material akustik cenderung bersifat resesif. Sifat resesif ini dimaksudkan adalah ketidakstabilan nilai absorpsi suara pada frekuensi tertentu, sehingga dapat menyebabkan nilai absorpsi suara bisa naik dan bisa turun (Sinaga, et al., 2012). Dengan meningkatnya ketebalan serat wol, nilai dari absorpsi suara pada frekuensi rendah akan memiliki nilai yang lebih baik ketimbang pada frekuensi tinggi.

Hal ini juga bisa dipengaruhi oleh tingkat kekasaran suatu material, semakin kasar suatu material, maka gesekan yang terjadi akan semakin besar sehingga nilai absorpsi suara yang dihasilkan akan semakin besar. Tabel 4.3 dan 4.4 menjelaskan bahwa serat kenaf dan serat wol memiliki nilai absorpsi suara yang hampir sama tingginya. Penelitian del Rey, et al., (2017) menjelaskan bahwa serat wol dan serat kenaf memiliki tingkat kekasaran serat yang hampir sama. Jika dilihat kembali pada Tabel 4.4, pada frekuensi diatas 1000 Hz serat kenaf dengan masing – masing ketebalannya memiliki nilai absorpsi suara rata – rata sebesar 0,7. Hasil ini kemungkinan terjadi karena ketika ketebalan serat wol tidak terlalu tebal, semakin tinggi frekuensi gelombang akustik dan semakin besar tingkat aktivitas serat. Getaran udara antara serat mempercepat interaksi pada pori – pori dan udara. Karenanya, sejumlah besar energi suara akan melemahkan dan mengubahnya menjadi panas. Setelah itu, panas bergerak dengan cepat di antara pori-pori serat (Qui & Enhui, 2018).

Dari data tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai terbaik ketebalan serat wol pada nilai absorpsi suara yaitu pada *range* 12 - 100 mm. Dimana pada *range* tersebut memiliki nilai absorpsi suara sekitar 0,7 – 0,97.

4.3 Kritisasi Jurnal

Dalam beberapa jurnal yang telah dikumpulkan, terdapat beberapa data hasil pengujian yang tidak dicantumkan dan dijelaskan secara rinci oleh peneliti. Hal ini membuat data – data yang diperlukan untuk menunjang *review* penulis mengalami kesulitan.

Jurnal – jurnal tersebut secara keseluruhan menampilkan hasil pengujian koefisien absorpsi suara. Namun, hanya beberapa jurnal yang menampilkan lengkap detail dari nilai absorpsi suara. Pada jurnal lainnya hanya menampilkan kurva saja, sehingga menyulitkan pada saat proses *review* ketika melihat detail nilai absorpsi suara.

Pada jurnal – jurnal terkait dengan pengaruh ketebalan serat alam terhadap nilai absorpsi suara, banyak dari jurnal yang tidak memberikan gambar uji SEM. Hanya pada penelitian Mageswaran, et al., (2018) yang menampilkan gambar uji SEM untuk variasi ketebalan pada serat kelapa sawit. Pada penelitian Mageswaran, et al., (2018), dilakukan uji SEM terlebih dahulu pada ketebalan 10 mm, 12 mm, 14 mm, dan 16 mm sebelum dilakukan pengujian koefisien absorpsi suara. Gambar uji SEM ini diharapkan sebagai bukti penunjang morfologi serat kelapa sawit terkait dengan pengaruh ketebalan terhadap absorpsi suara. Selain dari penelitian Mageswaran, et al., (2018), hanya beberapa jurnal yang melakukan uji SEM. Tetapi gambar uji SEM yang dilampirkan kurang detail sehingga pembahasan hanya didasari oleh teori dugaan, bukan hasil dari pengujian. Hal ini seperti pada penelitian Suhawati, et al., (2013). Pada penelitian ini, gambar SEM yang ditampilkan merupakan hasil dari pemilihan serat kenaf terbaik sebelum dicampurkan dengan *foamed rubber* untuk dijadikan komposit. Tetapi tidak menjelaskan gambar SEM terkait dengan pengaruh ketebalan komposit. Pada penelitian Qui, et al., (2018) terkait dengan pengaruh ketebalan serat wol, pengujian SEM yang dilakukan adalah untuk melihat struktur morfologi awal dari serat wol sebelum melakukan variasi ketebalan. Hal yang sama juga didapatkan pada penelitian Berardi, et al., (2015).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil dari penulisan *review* jurnal ini adalah ketebalan memiliki pengaruh terhadap nilai absorpsi suara, yaitu semakin meningkatnya ketebalan maka nilai absorpsi suara juga akan semakin meningkat. Selain itu, porositas dan kekasaran serat juga menentukan pada beberapa penelitian sehingga nilai absorpsi suara yang tinggi tidak bergantung pada tingginya ketebalan serat alam. Dari beberapa data *review* jurnal yang telah dijabarkan, masing-masing jenis serat alam memiliki batas ketebalan tertentu untuk mencapai nilai absorpsi suara tertinggi pada frekuensi 0 – 2000 Hz. Pada serat kelapa sawit memiliki *range* terbaik ketebalan dan nilai α yaitu 16 – 50 mm dan 0,6 – 0,97. Pada serat kenaf memiliki *range* terbaik ketebalan dan nilai α yaitu 20 – 60 mm dan 0,57 – 0,99. Pada serat wol memiliki *range* terbaik ketebalan dan nilai α 12-100 mm dan 0,7 – 0,97.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari dan bagi penulis berdasarkan hasil dari penulisan *review* jurnal ini, adalah

1. Penulis merekomendasikan untuk menggunakan serat kenaf sebagai aplikasi penyerap suara pada frekuensi rendah (0 – 2000 Hz).
2. Peneliti selanjutnya diharapkan untuk memperbanyak data dari berbagai jurnal sehingga mempermudah dalam proses penyusunan pada pembahasan dan kesimpulan

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, Sher Bahadar, A., Abdullah M., 2019. "Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization". **Journal Nano Sciences and Chemistry**, Vol. 16-117, pp. 116-117.

Alim, M. I., M. & Anggoro, D., 2017. "Pengukuran Transmission Loss (TL) dan Sound Transmission Class (STC) pada Suatu Sampel Uji". **Laboratorium Akustik (1115100004) - Pratikum Laboratorium 2017**, pp. 1-5.

Aljabir, A., Farid, M. & Purniawan, A., 2018. **Analisis Pengaruh Ketebalan Komposit Poliester Berpenguat Nanoselulosa dan Fiberglass Terhadap Sound Transmission Class pada Door Trim Mobil**. Surabaya: Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

ALRahman, L. A., Raja, R. I., Rahman, R. A. & Ibrahim, Z., 2014. "Comparison of Acoustic Characteristics of Date Palm Fibre and Oil Palm Fibre". **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, Vol. 7 No. 8, pp. 1656-1661.

Asade, F. & Isranuri, I., 2013. "Perancangan Tabung Impedansi dan Kajian Eksperimental Koefisien Serap Bunyi Paduan Aluminiu-Magnesium". **Jurnal e-Dinamis**, Vol. 6, No.2, pp. 90-98.

ASTM C423-17, 2017. **Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method**., Washington, DC, USA: ASTM.

Berardi, U., Iannace , G. & Di Gabriele, M., 2016. "Characterization of sheep wool panels for room acoustic applications". **Architectural Acoustics: Paper ICA2016** - 238, Vol. 28, pp. 1-8.

Berardi, U. & Iannace, G., 2015. "Acoustic Characterization of Natural Fibers for Sound Absorption Applications". **Buildinng and Enviroment XXX**, pp. 1-13.

Cheng, L., Adhikari, S., Wang, Z. & Ding, Y., 2015. "Characterization of Bamboo Species at Different Ages and Bio-Oil". **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 116**, pp. 215-222.

del Rey, R., Uriis, A. U., Alba, J. A. & Candelas, P., 2017. "Characterization of Sheep Wool as a Sustainable Material for Acoustic Applications". **Materials (Basel)**, 10(11).

Eriningsih, R., Widodo, M. & Marlina, R., 2014. "Pembuatan dan Karakterisasi Peredam Suara dari Bahan Baku Serat Alam". **Arena Tekstil Vol. 29 No. 1**, pp. 1-8.

Farid, M., Ardhyananta, H., Pratiwi, V. M. & Wulandari, . S. P., 2015. "Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre". **Advanced Materials Research and Production**, pp. 329-333.

Farikhin, F., 2016. **Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester dengan Filler Karbon Aktif dan Karbon non aktif.** Malang: Tugas akhir Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang.

Ghanbarian, B., Hunt, A. G., Ewing, R. P. & Sahimi, M., 2013. "Tortuosity in Porous Media: A Critical Review". **Soil Science Society of America Journal**, Vol. 77, No. 5, pp. 1461-1477.

J., Praveenkumara; Raj N., Sunder; H.R., Chandan; Marathe, Srivasthsa; P., Marathe, 2017. "Natural Fibers and Its Composites for Engineering Application: An Overview". **Proceedings of SARC International Conference**, Vol. 3, pp. 36-40.

Kalaivani, R.; Ewe, L. S.; Zaroong, O. S.; Woon, H. S.; Ibrahim, Zawawi, 2018. "Acoustic Properties of Natural Fiber of Oil Palm Trunk". **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, Vol. 5, No. 6, pp. 88-92.

Kho, W. K., 2014. "Studi Material Bangunan yang Berpengaruh Pada Akustik Interior". **Dimensi Interior**, Vol. 12, No. 2, pp. 57-64.

Koizumi, T., Tsujiuchi, N., Adachi, A., 2002. "The Development of Sound Absorbing Materials Using Natural Bamboo Fibers". **WIT Transactions on The Built Environment**, p. 59.

Latif, H. A., Yahya, M. N., Rafiq, M. N., Sambu, M., Ghazali, M. I., 2015. "A Preliminary Study on Acoustical Performance of Oil Palm Mesocarp Natural Fiber". **Applied Mechanics and Materials,** Vol. 773-774, pp. 247-252.

Leccese, F., Salvadori, G. & Francesconi, M., 2012. "Analysis of Acoustic Requirements of a Small Hall of a Theatre According to The Coupling Factor with The Stage Tower". **Acoustics 2012 Nantes Conference**, pp. 931-936.

Lim, Z. Y., Putra, A., Nor, M. J. M. & Yaakob, M. Y., 2015. "Preliminary Study on Sound Absorption of Natural Kenaf Fiber". **Proceedings of Mechanical Engineering Research Day**, pp. 95-96.

Mageswaran, R., Ewe, L. S., Yew, W. K. & Ibrahim, Z., 2018. "The Thickness Effects on Acoustic Properties of Oil Palm Trunk Natural Fiber in Density of 170 Kg/m3". **Sci.Int.(Lahore)**, Vol. 30, No. 6, pp. 845-849.

Mageswaran, R., Ewe, L. S., Yew, W. K. & Ibrahim, Z., 2019. "Acoustic Properties of Mixing Empty Fruit Bunch and Oil Palm Frond Natural Fibres". **International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 227-3878**, Vol. 8, pp. 6347-6349.

Maryanti, D., 2018. **Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Serbuk Kayu Bangkirai (Shorea Laevifolia Endert) Terhadap Sifat Material Akustik dan Modulus Elastisitas dalam Aplikasi Dinding Panel.** Balikpapan: Laporan Tugas Akhir Institut Teknologi Kalimantan .

Mediastika, C., 2005. **Akustika Bangunan: Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia.** Yogyakarta: Erlangga.

Mohtar, S. S., Busu, T. N. Z. T. M., Noor, A. M. M., Shaari, N., Mat, H., 2017. "An Ionic Liquid Treatment and Fractionation of Cellulose, Hemicellulose and Lignin from Oil Palm Empty Fruit Bunch". **Carbohydrate Polymers**, pp. 1-32.

Mondragon, G.; Fernandes, S.; Retegi, A.; Pena, C.; Algar, I.; Eceiza, A.; Arbelaiz, A., 2014. "A Common Strategy to Extracting Cellulose Nanoentities from Diffrent Plants". **Industrial Crops and Products**, Vol. 33 pp. 140-148.

Munandar, I., Savetlana, S. & S., 2013. "Kekuatan Tarik Ijuk (Arenga Pinnata Merr)". **Jurnal FEMA**, Vol. 1 No. 3, pp. 52 - 58.

Nisa, U., 2018. **Pembuatan Komposit Material Peredam Akustik Berbahan Dasar dari Serat Sabut Kelapa, Pelapah Pisang, Lidah Mertua, dan Epoxy Resin.** Semarang: Laporan Tugas Akhir Program Sarjana Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Nordin, M. N. A. A., Wan, L. M. & Zainulabidi, M. H., 2016. "Research Finding in Natural Fibres Sound Absorbing Material". **Asian Research Publishing Network (ARPN) Journal of Engineering and Applied Sciences**, Vol. 11, No. 14, pp. 8579-8584.

Otoghile, B., Onakoya, P. A. & Otoghile, C. C., 2018. "Effects of Occipational Noise on Quality of Life". **International Journal of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery Otoghile B et al. Int J Otorhinolaryngol Head Neck Surg,** Vol. 4 No. 5, pp. 1142-1146 .

Park, J. M., Kim, P. G., Jang, J. H., Wang, Z., Hwang, B. S., DeVries, K. L., 2008. "Interfacial Evaluation and Durability of Modified Jute Fibers/Polypropylene (PP) Composites Using Micromechanical Test and Acoustic Emission". **Composites: Part B** , Vol. 39, pp. 1042–1061.

Prabowo, A. E., Diharjo, K. & U., 2019. "Sound Absorption Performance of Sugar Palm Trunk Fibers". **E3S Web of Conferences,** Vol. 130, 01003, pp. 1-9.

Qui, H. & Enhui, Y., 2018. "Effect of Thickness, Density, and Cavity Depth on The Sound Absorption Properties of Wool Boards". **AUTEX Research Journal,** Vol. 18 No. 2 , pp. 203-208.

Rizal, A., E. & Fitri, Y., 2015. "Karakteristik Absorpsi dan Impedansi Material Akustik Serat Alam Ampas Tahu (Glycine Max) Menggunakan Metode Tabung". **Jurnal Ilmu Fisika (JIF),** Vol. 7 No. 1, pp. 14-18.

Sagartzazu, X., Hervella, L. & Pagalday, J., 2014. **Review in Sound Absorbing Materials.** Spain: University of A Coruna.

Sambu, M., Yahya, M. N., Latif, H. A., Hatta, M. N. M., Ghazali, M. I. B., 2016. "Preliminary study on acoustical and physical charachteristics of Kenaf (Hibiscus Cannabinus) using natural rubber as binder". **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, Vol. 11, No. 4, pp. 2467-2474.

Sapuan, S., H. I. & E. Z., 2018. **Natural Fibre Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites Development, Characterization, and Applications.** Cambridge, England: Woodhead Publishing.

Services, U. D. o. H. a. H., 2016. **Certain Glass Wool Fibers (Inhalable)**, Maryland: National Institutes of Health.

Shinoj, S., R. Visvanathan, R., Panigrahi, S. & Kochub, M., 2011. "Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review". **Industrial Crops and Products**, Vol. 33, pp. 7-22.

Sinaga, D., Defriyanto, I. & Krisman, M., 2012. "Pengukuran koefisien Absorbsi Bunyi dari Limbah Batang Kelapa Sawit". **Jurnal Fisika UNRI**, 9(5), pp. 415-423.

Stewart, H. G. M. M.-M. L. &. A. R., 2014. "Manufacture of Lignin Microparticles by Anti-Solvent Precipitation: Effect of Preparation Temperature and Presence of Sodium Dodecyl Sulfate". **Food Research International**, Vol. 66, pp. 93-99.

Suhawati, I., Shamsul, K., Ismaliza, I. & Kamarudin, A. M., 2013. "Sound Absorption Analysis of Foamed Rubber Composites from Kenaf and Calcium Carbonate". **Journal of Rubber Research**, Vol. 16, No. 1, pp. 36-44.

Suryanto, H., 2014. **Review Serat Alam: Komposisi, Struktrur, dan Sifat Mekanis**. Malang: Universitas Negeri Malang.

Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S. & Soenoko, R., 2014. "Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber From Mendong (Fimbristylis globulosa) Straw". **Key Engineering Materials**, Vol. 594-595 , pp. 720-724.

Taban, E., Khavanin, A., Jafari, A. J., Faridan, M., Tabrizi, A. K., 2019. "Experimental and Mathematical Survey of Sound Absorption Performance of Date Palm Fibers". **Heliyon**, Vol. 5, pp. 1-8.

Wirajaya, A., 2007. **Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alam Sebagai Absorber Bunyi.** Bandung: Laporan Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Bandung.

Yahya, M. N. & Chin, D. D. V. S., 2017. "A Review on the Potential of Natural Fibre for Sound Absorption Application". **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, Vol. 226, pp. 1-9.

Z. L., A. P., M. N. & M. Y., 2018. "Sound absorption performance of natural kenaf fibres". **Applied Acoustics**, Vol. 130, pp. 107-114.

LAMPIRAN

Lampiran ini berisi tentang histori pengerjaan Laporan Tugas Akhir penulis sebelum dilakukan Laporan Tugas Akhir berbasis *paper review*. Laporan Tugas Akhir penulis yang telah dikerjakan dengan judul analisa pengaruh ketebalan komposit *silicone rubber* berpenguat nanoselulosa bambu betung untuk aplikasi penyerap suara. Adapun lampiran pengerjaan penulis adalah sebagai berikut:

A. Pengolahan *Filler* Nanoselulosa

Pada penelitian ini, menggunakan *filler* Bambu Betung. Bambu betung didapatkan di Kota Pasuruan dengan usia sekitar 4-5 tahun untuk menjaga kualitas dari serat Bambu Betung. Bambu terlebih dahulu dipotong – potong sekitar 5 – 13 cm menjadi serat agar mudah dalam proses penghalusan bambu dengan menggunakan blender. Serat bambu yang telah dipotong – potong menjadi serat ditunjukkan oleh Gambar 1. Serat yang telah dipotong – potong dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air yang ada di serat bambu ± 5 hari.

Gambar 1 Hasil pemotongan serat bambu

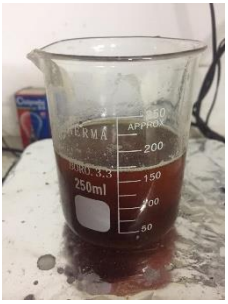
Setelah serat bambu kering, serat dihaluskan menggunakan blender selama 15 menit. Tujuannya adalah mempermudah proses sieving. Melakukan sieving terhadap serat bambu yang telah di blender dengan menggunakan mesin sieving untuk

mendapatkan ukuran serat 50 – 80 µm selama 15 menit. Proses ini ditunjukan oleh Gambar 2. Lalu hasil sieving ditimbang sesuai dengan kebutuhan pada penelitian, kurang lebih sekitara 300 gr massa serat bambu. Pada pembuatan nanoselulosa bambu betung, serat bambu yang digunakan adalah sekitar 10 gr.

Gambar 2 Proses *sieving*

Pada tahap awal pembuatan nanoselulosa adalah proses alkalisasi. Tujuan dari proses alkalisasi adalah menghilangkan kandungan lignin yang ada di serat bambu. Mencampurkan NaOH sebanyak 80 ml dengan serat bambu pada temperature 80ºC selama 4 jam dengan menggunakan *Magnetic Stirrer* pada kecepatan 500 rpm seperti yang ditunjukan pada Gambar 3. Serat bambu yang telah di alkalisasi di cuci dengan menggunakan aquades, biarkan hingga pengotor pada permukaannya hilang dan serat bambunya mengendap. Ambil endapan dari proses alkalisasi. Melakukan *bleaching* pada dengan 30 ml NaOH, 50 ml H_20_2 dan 20 ml aquades pada temperatur 65ºC selama 3 jam dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 500 rpm seperti yang ditunjukan pada Gambar 4. Tujuan dari proses *bleaching* ini adalah untuk menghilangkan sisa lignin dari proses alkalisasi dan mengurangi diamter dari serat bambu. Mencuci proses hasil *bleaching* dengan aquades hingga mencapai pH normal. Melakukan proses hidrolis asam untuk meningkatkan kandungan selulosanya. Proses hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 65%wt pada temperatur 45ºC selama 45 menit. Serat bambu hasil hidrolisis asam dicuci hingga pH normal. Proses

hidrolisis asam ini ditunjukan oleh Gambar 5. Melakukan proses *centrifuge* pada serat bambu hasil proses hidrolisis asam. Tujuan *centrifuge* adalah untuk mengendapkan larutan sehingga didapatkan endapan nanoselulosa. Proses *centrifuge* dilakukan dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Nanoselulosa ditimbang sesuai dengan kebutuhan. Hasil dari *centrifuge* ditunjukan oleh Gambar 6



Gambar 3 Proses alkalisasi

Gambar 4 Proses *bleaching*

Gambar 6 Proses hidrolisis asam

Gambar 5 Hasil dari proses *centrifuge*

B. Pengolahan Matriks *Silicone Rubber*

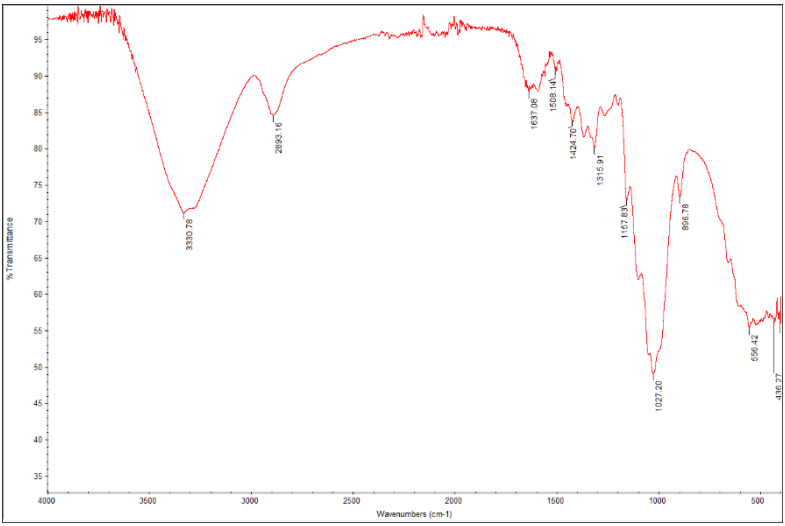
Silicone rubber yang digunakan adalah RTV 586. Menimbang massa dari *Silicone Rubber RTV,* heksana, dan NaCl dengan timbangan digital dengan rasio 2:3:8. Lalu ketiga bahan dicampurkan hingga homogen. Menambahkan katalis 2% dan mengaduk hingga homogen. Tujuannya dari penambahan katalis adalah mempercepat reaksi yang terjadi. Diamkan *silicone rubber* hingga kering. Memanaskan pada temperatur 35ºC selama 45 menit untuk menguapkan heksana yang ada. Merendam hasil *silicone rubber* hasil penguapan heksana ke dalam air hangat untuk melarutkan NaCl seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Melakukan *drying* pada temperatur

110 ºC untuk menghilangkan sisa air. Gambar 8 menunjukkan dari proses pengolahan *Silicone Rubber*.

Gambar 7 Proses perendaman

Gambar 8 *Silicone rubber*

C. Pengujian FTIR pada Nanoselulosa



Gambar 9 Hasil uji FTIR nanoselulosa bambu betung

Tabel 1 Daerah serapan FTIR nanoselulosa bambu betung

Daerah Serapan (cm^{-1})	Jenis Ikatan	Jenis Senyawa
3300.78	O-H	Alkohol
2893.16	C-H	Alkana
1637.08	C=C	Alkena
1508.14	C=C	Cincin Aromatik
1424.70	C-H	Alkana
1315.91	C-H	Alkana
1157.83	C-O	Ester
1027.20	C-O	Ester
896.78	C-H	Cincin Aromatik
556.42	C-H	Cincin Aromatik

Uji FTIR yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan serat alam yang berasal dari bambu betung. Pengujian FTIR pada umumnya bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan senyawa dari sampel tanpa merusak sampel (Siregar, et al., 2018). Hasil dari pengujian FTIR nanoselulosa bambu betung ditunjukkan pada Gambar 9, sedangkan untuk pembagian daerah serapannya ditunjukkan pada Tabel 1. komponen utama dari bambu betung terdiri dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Khalil, 2015).

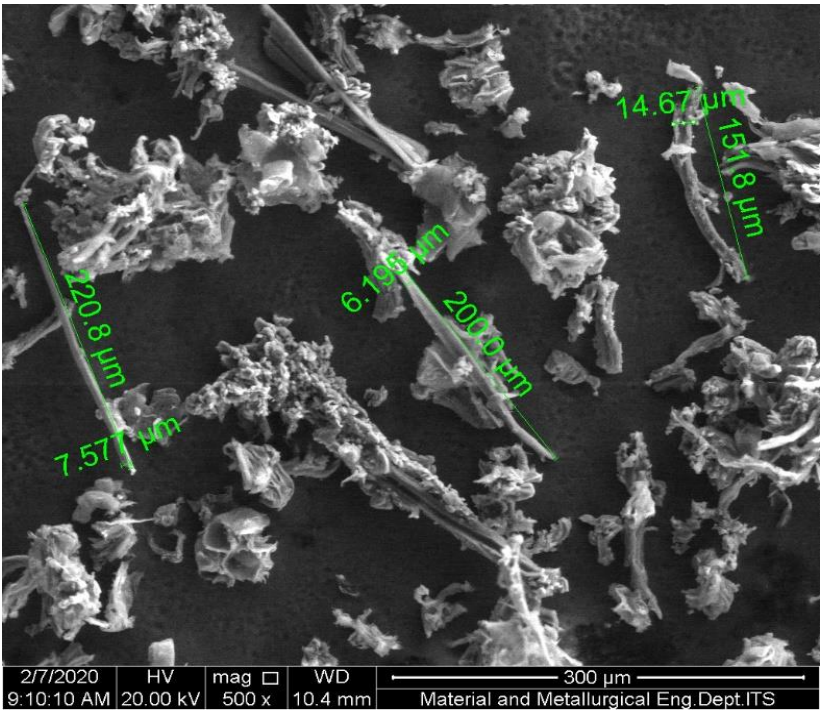
Pada daerah serapan 3300.78 cm^{-1} terdapat ikatan O-H. Skoog, dkk (2018) menjelaskan bahwa daerah serapan 3200 – 3600 cm^{-1} merupakan ikatan O-H yang senyawanya adalah alkohol. Pada daerah serapan 3300.78 cm^{-1}, terlihat bahwa puncak serapan gugus O-H yang semakin tajam. Hal ini disebabkan karena adanya perlakuan basa, oksidasi dan hidrolisis asam. Semakin tajamnya ini disebabkan gugus asam dan alkohol yang terdapat pada nanoselulosa. Pergeseran bilangan gelombang 2893.16 cm^{-1} menunjukkan serapan gugus fungsi C-H. Pergeseran ini dipengaruhi oleh transformasi perubahan ikatan inter dan intermolekul selulosa. (Triyasiti & Krisdiyanto, 2018). Pada daerah serapan 1637,08 cm^{-1} merupakan ikatan C=C. Fan, dkk (2012) menjelaskan bahwa pada ikatan C=C di daerah serapan 1610 – 1680 cm^{-1} merupakan senyawa alkena.

Proses alkalisasi dilakukan untuk menghilangkan komponen pengisi serat yang mengganggu dalam menentukan ikatan serta kekuatan antar muka yaitu lignin. Daerah serapan 1500 – 1600 cm^{-1} menunjukkan bahwa suatu material masih terdapat lignin (Puspita Dewi, et al., 2018). Pada pengujian ini, lignin masih terdapat pada

nanoselulosa ini yang dibuktikan pada daerah serapan 1508.14 cm^{-1} yang merupakan senyawa cincin aromatik. Daerah serapan ini juga dibuktikan oleh Cai, dkk (2018).Cai, dkk (2018) menjelaskan bahwa kandungan lignin dan hemiselulosa pada bambu biasanya terdapat pada daerah serapan 1503 – 1604 cm^{-1}. Masih terdapatnya daerah serapan lignin mengindikasikan perlakuan alkalisasi kurang optimal sehingga hanya mengurangi kadar dari lignin, bukan menghilangkan lignin seluruhnya. Dengan adanya liginin maka matriks dan serat mempunyai kemungkinan tidak memiliki *interface* yang baik.

Pada daerah serapan 1424.70 – 1315.91 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang merupakan senyawa Alkana. Daerah serapan dengan ikatan C-H menunjukkan adanya kandungan selulosa pada bambu betung yang berikatan (Cheng, et al., 2015). Pada daerah serapan 1157.83 $cm^{-}1$ dan 1157.83 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-O yang mewakili gugus ester. Pada daerah serapan 896.78 $cm^{-}1$ dan 556.42 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mewakili cincin aromatik.

D. Pengujian SEM pada Nanoselulosa



Gambar 10 Hasil uji SEM nanoselulosa bambu betung

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis tentang morfologi dan ukuran dari serat bambu betung. Gambar 10 merupakan hasil uji SEM nanoselulosa bambu betung dengan pembesaran 500x. Pada serat bambu betung dalam penelitian ini, diberikan perlakuan alkalisasi, *bleaching*, dan hidrolisis asam dengan tujuan untuk mengurangi ukuran dari serat bambu betung menjadi ukuran nano. Gambar 10 menunjukkan hasil hidrolisis asam, terlihat bawah terjadi penggumpalan. Hal ini terjadi karena proses

hidrolisis asam yang memecah fiber – fiber selulosa. Namun jika dilihat lagi, ukuran dari serat bambu betung belum ada yang mencapai ukuran nano. Ukurannya masih 6. - 7 µm untuk ukuran serat yang terkecil. Menurut Mondragon, dkk (2014), pemberian perlakuan hidrolisis asam dimaksudkan untuk mengubah struktur dari serat dari mikro menjadi nano. Namun, pemberian hidrolisis asam ini juga dapat memungkinkan ukuran nano belum bisa menjadi ukuran nano. Hal ini dapat terjadi karena masih terdapat kandungan lignin dalam serat bambu betung sehingga menghalangi asam dalam pemecahan selulosa (Rilek, et al., 2017).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tak lupa penulis sampaikan kepada pihak – pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir “Review pengaruh ketebalan serat alam terhadap absorpsi suara” ini:

1. Tuha Yesus atas kasih dan rahmat – Nya selama penulis menjalani berbagai kegiatan perkuliahan dan selama hidup penulis sampai saat ini
2. Papa, mama, kakak, dan semua keluarga saya atas semua doa, dukungan dan pengertian yang telah diberikan selama ini
3. Dosen tim penguji seminar dan tugas akhir
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS – ITS
5. Teman – teman Futsal ITS dan Matrice Futsal Club (MFC) yang selalu menemani selama menyalurkan hobi
6. Para anggota Wakanda (Farros, Oska, Dipo, Marco, Nurul, Anggi, dan Yuli) selaku teman seperjuangan selama tugas akhir
7. Teman – teman Gibah Squad (Vito, Henokh, Nabil, Erasmus, Aria, Afni, Wira, Rio, Vian, Iqbal, Edwin, dan Firman) yang selalu memberi aspirasi dan ilmu setiap harinya di masa perkuliahan
8. Teman – teman Crazy Rich Rented yang selau menampung penulis selama masa perkuliahan
9. Keluarga MT18 yang selalu menemani selama proses perkuliahan
10. Anggota dan pengurus UKM Sepakbola ITS, HMB Surabaya, dan HMMT FTIRS – ITS yang telah memberi banyak pembelajaran dan manfaat dalam segi organisasi serta *soft skill*
11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dan membantu kelancaran selama kuliah serta menyelesaikan tugas akhir ini

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Daniel Arya Wikananindita lahir di kota Bontang pada tanggal 19 Desember 1997. Ayah penulis bernama Agustinus Tri Santoso dan Ibu Lucia Hendaryani. Penulis adalah putra keempat dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formalnya di SD – SMA YPVDP Bontang. Penulis melanjutkan pendidikan perkuliahan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, FTIRS - ITS. Semasa kuliah, penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus, antara lain tergabung dalam timnas Futsal ITS di kejuaraan internasional (12th UiSF 2017) dan regional (Liga Mahasiswa Futsal 2017, 2018), serta Matrice Futsal Club (MFC) dalam kejuaraan nasional (KOTMMA 2018) serta institut (IFC 2018, 2019, 2020). Penulis pernah menjadi ketua divisi olahraga BSO MB HMMT FTI – ITS, serta menjadi ketua divisi sepakbola UKM Sepakbola ITS. Penulis juga aktif pada kegiatan organisasi daerah yaitu menjadi ketua departemen eksternal Himpunan Mahasiswa Bontang cabang Surabaya. Selain itu, penulis juga memiliki pengalaman kerja praktik di Tehcnical Department, inspection section PT Badak NGL periode juni – agustus 2019. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai Material Inovatif (komposit). Penulis berharap semoga penulisan Tugas Akhir ini bermanfaat untuk pembaca. Penulis dapat dihubungi di 082255937819 atau email ke danielaryaaw@gmail.com