TUGAS AKHIR –TL184834

REVIEW: PENGARUH PROSES HIDROLISIS ASAM TERHADAP MORFOLOGI SERAT NANOSELULOSA DAN NILAI KOEFISIEN ABSORBSI SUARA

FARHAN SATRYO DIPO PANGARSO
NRP. 02511640000110

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

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

TUGAS AKHIR−TL 184834

REVIEW: PENGARUH PROSES HIDROLISIS ASAM TERHADAP MORFOLOGI SERAT NANOSELULOSA DAN NILAI KOEFISIEN ABSORBSI SUARA

FARHAN SATRYO DIPO PANGARSO
NRP. 02511640000110

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

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

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

FINAL PROJECT−TL 184834

REVIEW: ANALYZING THE EFFECT OF ACID HYDROLYSIS PROCESS TO THE MORPHOLOGY OF NANOCELLULOCE FIBER AND THE SOUND ABSORBTION COEFFICIENT

FARHAN SATRYO DIPO PANGARSO
NRP. 02511640000110

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

MATERIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

(*This page is intentionally left blank*)

REVIEW: PENGARUH PROSES HIDROLISIS ASAM TERHADAP MORFOLOGI SERAT NANOSELULOSA DAN NILAI KOEFISIEN ABSORBSI SUARA

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

FARHAN SATRYO DIPO PANGARSO

NRP 02511640000110

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 PROSES HIDROLISIS ASAM TERHADAP MORFOLOGI SERAT NANOSELULOSA DAN NILAI KOEFISIEN ABSORBSI SUARA

Nama : Farhan Satryo Dipo Pangarso
NRP : 02511640000110
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Co-Pembimbing : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstrak

Saat ini, konsep "bahan ramah lingkungan" telah menjadi sangat penting karena perlunya melindungi lingkungan kita. Definisi "bahan ramah lingkungan " harus mencakup bahan "aman" untuk manusia dan bentuk kehidupan lainnya. Review jurnal ini membahas terkait pengaruh proses hidrolisis asam terhadap morfologi dan nilai koefisien absorbsi suara. Setelah proses hidolisis asam, morfologi serat menunjukkan bentuk serat lonjong seperti jarum, yang menunjukkan bahwa lignin dan hemiselulosa telah dihilangkan. Serat Nanoselulosa dengan diameter terkecil yaitu 20-30nm dan panjang serat yang berukuran 160-400 nm didapatkan oleh proses hidrolisis asam dengan kadar H_2SO_4 65%, temperatur 45^oC dengan waktu proses selama 1 jam. Proses hidrolisis asam dapat meningkatkan koefisien absorbsi suara karena dapat mengecilkan diameter serat. Penambahan nanoselulosa pada matriks dapat meningkatkan nilai koefisien absorbsi suara dari nilai 0,4181 menjadi 0,4262 pada frekuensi 2000 Hz dengan konsentrasi H_2SO_4 65%, temperatur 45^oC dengan waktu proses selama 1 jam

Kata Kunci : *Serat Alam, Nanoselulosa, Morfologi, Hidrolisis Asam, Koefisien Absorbsi Suara*

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

REVIEW: ANALYZING THE EFFECT OF ACID HYDROLYSIS PROCESS TO THE MORPHOLOGY OF NANOCELLULOCE FIBER AND THE SOUND ABSORBTION COEFFICIENT

Student Name : Farhan Satryo Dipo Pangarso
NRP : 02511640000110
Department : Material Engineering
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Co-Advisor : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstract

Nowadays, the concept of "environmentally friendly materials" has become very important because of the need to protect our environment. The definition of "environmentally friendly materials" should include materials "safe" for humans and other forms of life. This journal review discusses the effect of the acid hydrolysis process on morphology and the sound absorption coefficient. After the acid hydrolysis process, the morphology of the fibers shows a needle-like oval fiber, which indicates that lignin and hemicellulose have been removed. Nanocellulose fibers with the smallest diameter of 20-30nm and fiber length of 160-400 nm were obtained by the acid hydrolysis process with 65% H_2SO_4 content, 45^oC temperature, and 1 hour processing time. Acid hydrolysis process can increase the sound absorption coefficient because it can reduce the fiber diameter. The addition of nanocellulose to the matrix can increase the sound absorption coefficient value from a value of 0.4181 to 0.4262 at a frequency of 2000 Hz with a concentration of H_2SO_4 65%, a temperature of 45^oC with a processing time of 1 hour

Keywords : *Natural Fiber, Nanocelluloce, Morphology, Acid Hydrolysis, Sound Absorbtion Coefficient*

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya penelitian Tugas Akhir dapat terlaksanakan dengan baik dan dapat selesai tepat pada waktunya. Tujuan dari penyusunan Laporan Tugas Akhir adalah untuk memenuhi salah satu syarat akademis yang wajib dipenuhi dalam kuliah program studi Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS, Surabaya.

Terselesaikannya Laporan Tugas Akhir tidak luput dari bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kasih kepada:

1. Ir. Moh. Farid DEA, dan Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas bimbingannya selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS.
3. Fakhreza Abdul, ST.,M.T selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga laporan ini dapat berguna bagi penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, 14 Juli 2020
Penulis

Farhan Satryo Dipo P
02511640000110

(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 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
2.1 Selulosa 3
2.2 Hemiselulosa 5
2.3 Lignin 6
2.4 Nanoselulosa 7
2.5 Prospek Nanoselulosa 10
2.6 *Scanning Electron Microscopy (SEM)* 11
2.7 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* 12
2.8 Koefisien Absorbsi Suara 13
2.9 Komposit Serat Alam 16
2.10 Aplikasi Material Absorbsi Suara 18
BAB III METODOLOGI REVIEW
3.1 Diagram Alir 19
3.2 Material Review Jurnal 21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Proses Pembuatan Nanoselulosa 25
4.2 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Morfologi Serat alam 27
4.2.1 Serat Kapas 27

4.2.2 Serat Tebu 28
4.2.3 Serat Padi 30
4.2.4 Serat *Silvergrass* 31
4.2.5 Serat Kacang 32
4.2.6 Serat Kayu 33
4.3 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Struktur Kimia Serat Alam 34
4.3.1 Serat Tebu 34
4.3.2 Serat Tongkol Jagung 35
4.3.3 Serat Eceng Gondok 36
4.3.4 Serat Tebu 38
4.3.5 Serat Tebu 39
4.3.6 Serat Kacang 40
4.4 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Koefisien Absorpsi Suara Komposit Serat Alam 42
4.4.1 Serat Kacang 42
4.4.2 Serat Tandan Kelapa Sawit 44
4.5 Hasil Penelitian Penulis dan Tim 48
4.6 Kritik 49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 53
UCAPAN TERIMA KASIH 57
BIODATA PENULIS 59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Selulosa (Lavanya, 2011) 3
Gambar 2.2 Transformasi Selulosa menjadi berbagai Polimorf (Lavanya, 2011) 5
Gambar 2.3 Struktur kimia hemiselulosa (a) β-1,4-glucan, (b) β-1,4-xylan, and (c) β 1,4-mannan (Rajinpriya, dkk 2018).....6
Gambar 2.4 Struktur Kimia Lignin (Rajinpriya, dkk 2018).....6
Gambar 2.5 Bundel selulosa tertanam oleh hemiselulosa dan lignin. (Rajinpriya, dkk 2018).....7
Gambar 2.6 Ukuran nanocellulose berdasarkan panjang material (dengan gambar mikroskopis dari berbagai sumber nanocellulose) (Shak, 2018).....8
Gambar 2.7 Struktur (a) selulosa nanofibers (CNF) dan (b) selulosa nanocrystals (CNC) dihasilkan dari selulosa. (Shak, 2018) 9
Gambar 2.8 Reaksi ekstrak nanoselulosa dengan proses hidrolisis asam (Rajinpriya, dkk 2018).....10
Gambar 2.9 Prinsip Kerja SEM (Zhou, 2000).....11
Gambar 2.10 Skema Uji FTIR (Zhou, 2000) 13
Gambar 2.11 Skema Absorbsi Suara (Everest, 2009) 14
Gambar 2.12 Representasi Struktural dari celulosa(a), hemicelulosa(b), pectin(c), lignin(d) (Mochane, 2018).....17
Gambar 3.1 Diagram Alir Review Jurnal.....20
Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM dengan perbesaran (a) 500 x, (b) 40,000 x, (c) 10,000 x, (d) 1,000 x (Theivasanthi dkk., 2017).....27
Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM nanoselulosa nanokristal serat tebu (Sofla, dkk 2016).....28
Gambar 4.8 Hasil Uji SEM nanoselulosa serat kayu (Pan, dkk 2013).....33

Gambar 4.10 Hasil Pengujian FTIR serat tebu, selulosa setelah proses alkalisasi, selulosa setelah proses bleaching, nanoselulosa setelah proses hidrolisis asam, dan nanoselulosa setelah mechanical process (Sofla dkk., 2016) 35
Gambar 4.11 Hasil Pengujian FTIR dengan konsentrasi alkalisasi yang berbeda-beda (Kunusa dkk., 2018) 36
Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR pada beberapa perlakuan (Asrofi dkk., 2017)..... 37
Gambar 4.13 Hasil Pengujian FTIR pada (a) selulosa, (b) nanoselulosa A, dan (c) nanoselulosa B (Wulandari dkk., 2016)..... 38
Gambar 4.14 Hasil Pengujian FTIR dengan (a) serat rumput, (b) sebelum alkalisasi, (c) setelah alkalisasi, (d) setelah hidrolisi asam (Barbash dkk., 2019) 39
Gambar 4.15 Hasil Uji FTIR (Zheng dkk., 2019) 40
Gambar 4.16 Uji Absorbsi Suara (Zhang dkk., 2018)..... 42
Gambar 4.17 Uji Absorbsi Suara (Farid dkk., 2019)..... 44
Gambar 4.18 Uji Absorbsi Suara (Farid dkk., 2018)..... 45
Gambar 4.19 Hasil Uji Koefisien Absorbsi Suara berdasarkan diameter serat (Yahya, 2017) 47
Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Serat Bambu Petung (Dokumentasi Tim)..... 48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Absorbsi Suara (ISO 11654, 1997).....15
Tabel 2.2 Koefisien Absorbsi (α) Suara Material (Vorlander, dkk 2008) 18
Tabel 3.1 Variabel Review Jurnal 21
Tabel 4.1 Kelengkapan Kurva Hasil Pengujian.....49

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, konsep "bahan ramah lingkungan" telah menjadi sangat penting karena perlunya melindungi lingkungan kita. Definisi "bahan ramah lingkungan " harus mencakup bahan "aman" untuk manusia dan bentuk kehidupan lainnya. Penggunaan material dalam jangka waktu yang lama seharusnya tidak menghasilkan emisi toksisitas, yang sangat merusak bagi lingkungan dan untuk semua kehidupan organisme, terutama kita, manusia. Baik pemanfaatan bahan jangka pendek maupun jangka panjang harus dibutuhkan untuk dikarakterisasi dengan cermat; lebih aman dan lebih ramah lingkungan bahan harus dipilih untuk aplikasi. Kontaminasi bahan yang terbuang setelah berakhirnya masa manfaatnya adalah sangat penting. Namun jangka panjang karakteristik banyak jenis bahan tidak dipahami dengan baik, terutama mereka efek pada lingkungan.

Mempertimbangkan ini, pemilihan bahan yang paling cocok harus komposit bahan. Alasan utama memilih material komposit adalah karena menggunakan sol bahan tidak akan cukup, untuk memenuhi berbagai persyaratan seperti itu sebagai, ramah lingkungan, ramah manusia dan ramah lingkungan. Sepanjang berbagai kombinasi bahan komposit yang berbeda, pasangan fibermatrix yang paling tepat untuk dianggap sebagai "bahan ramah lingkungan" adalah kombinasi serat alami dan matriks polimer biodegradable. Memiliki polimer yang dapat terurai secara hayati telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir dan banyak jenis telah muncul. Di antara serat alami, perhatian khusus harus diberikan pada serat bambu untuk kelestarian lingkungan, sifat mekanik, dan daur ulang miliki telah digunakan sebagai komposit matriks polimer bertulang dalam industri konstruksi. (Sanal, 2016)

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari review jurnal ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi, waktu, dan temperatur pada proses hidrolisis asam terhadap morfologi serat nanoselulosa?
2. Bagaimana pengaruh proses hidrolisis asam terhadap nilai koefisien absorbsi suara?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari review jurnal ini adalah:

1. Serat alam yang digunakan dianggap sama
2. Pengaruh matriks diabaikan
3. Kandungan pengotor pada serat dianggap identik

1.4 Tujuan *Review*

Adapun tujuan dari review jurnal ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi H_2SO_4, waktu, dan temperatur pada proses hidrolisis asam terhadap morfologi serat nanoselulosa
2. Menganalisis pengaruh proses hidrolisis asam terhadap nilai koefisien absorbsi suara

1.5 Manfaat *Review*

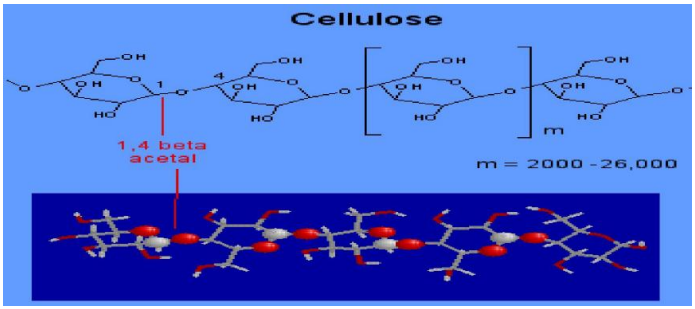
Review Jurnal ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif material memanfaatkan sumber daya alam sekitar berupa inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat alami dalam aplikasinya sebagai penyerap suara.
2. Dapat digunakan sebagai rujukan terhadap penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan serat alami dalam aplikasi sebagai penyerap suara.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa

Selulosa adalah bahan bangunan utama dari mana tanaman dibuat, dan tanaman adalah yang utama atau tautan pertama dalam apa yang dikenal sebagai rantai makanan (yang menggambarkan hubungan pemberian makan semua makhluk hidup), selulosa adalah zat yang sangat penting. Paling banyak biopolimer yang terjadi secara alami. Beraneka ragam alami serat seperti kapas dan tanaman tingkat tinggi memiliki selulosa sebagai unsur utamanya. Terdiri dari rantai panjang unit anhydro-D-glucopyranose (AGU) dengan setiap molekul selulosa memiliki tiga gugus hidroksil per AGU, dengan pengecualian terminal berakhir. (Lavanya, 2011)



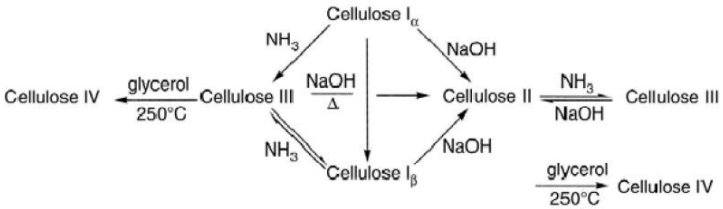
Gambar 2.1 Struktur Selulosa (Lavanya, 2011)

Gambar 2.1 Menunjukkan struktur kimia selulosa. Karena polisakarida tanaman mematuhi banyak persyaratan yang diharapkan eksipien farmasi seperti non-toksisitas, stabilitas, ketersediaan, dan terbarukan mereka sangat luas diselidiki untuk digunakan dalam pengembangan bentuk sediaan oral padat. Selulosa Dapat diturunkan dari sejumlah sumber menggunakan sejumlah teknik yang dianggap sintetis dan beberapa yang mungkin dianggap nonsintetik (alami). Ini tersedia dalam berbagai bentuk untuk fungsi yang berbeda. Penggunaan yang

dimohonkan dalam produk makanan termasuk sebagai alat bantu pemrosesan untuk penyaringan jus, sebagai zat anti-caking bahan untuk keju parut, dan sebagai alat bantu pengolahan. termasuk sebagai pengganti lemak dan agen bulking dalam kalori rendah makanan, sebagai pelembab, pengemulsi, dan ekstender. Tujuan akhir dalam produk makanan & diperoleh sebagai pulp dari serat bahan seperti kayu atau kapas dan meskipun itu digunakan dalam aplikasi farmasi seperti pengisi tablet, itu adalah selulosa mikrokristalin yang mewakili bubuk selulosa baru dan lebih berguna, terutama digunakan dalam industri farmasi sebagai pengencer / pengikat dalam tablet.

Selulosa tidak larut dalam air dan pelarut yang paling umum. kelarutan yang buruk terutama disebabkan oleh Ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul yang kuat antara rantai individu. Terlepas dari karakteristik kelarutannya yang buruk, selulosa digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk komposit, jaring, pelapis, pelapis, pengepakan, kertas, dll. Modifikasi kimia selulosa dilakukan untuk meningkatkan kemampuan proses dan menghasilkan turunan selulosa (selulosa) yang dapat dirancang khusus aplikasi industri. Cellulosic secara umum kuat, dapat direproduksi, didaur ulang dan biokompatibel, sedang digunakan dalam berbagai aplikasi biomedis seperti membran pemurnian darah dan sejenisnya.

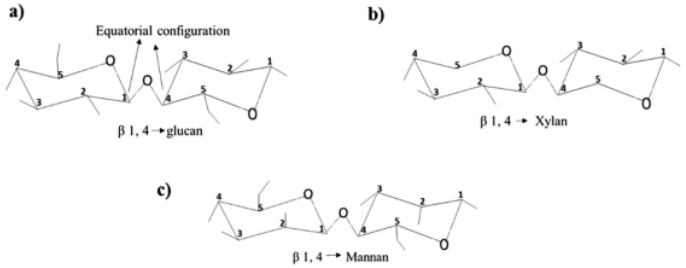
Selulosa yang diproduksi oleh tanaman disebut sebagai selulosa asli, yang ditemukan dalam dua bentuk kristal, selulosa I dan selulosa II. Selulosa II, umumnya terjadi di ganggang laut, adalah bentuk Kristal terbentuk ketika selulosa I diperlakukan dengan natrium hidroksida berair. Di antara empat kristal yang berbeda polimorf selulosa I, II, III, dan IV, selulosa I secara termodinamik kurang stabil sedangkan selulosa II memiliki struktur yang lebih stabil. Perawatan amonia cair selulosa I dan selulosa II menghasilkan bentuk kristal selulosa III, dan pemanasan selulosa III menghasilkan bentuk kristal selulosa IV. (Lavanya, 2011)



Gambar 2.2 Transformasi Selulosa menjadi berbagai Polimorf (Lavanya, 2011)

2.2 Hemiselulosa

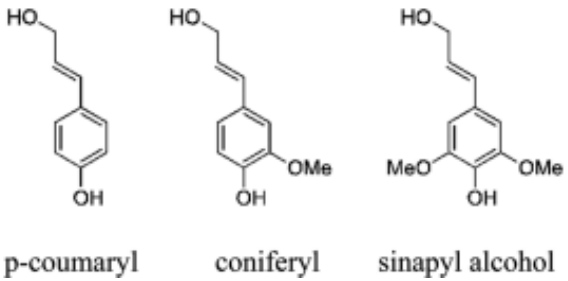
Dinding sel tanaman terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin seperti yang dinyatakan sebelumnya. Hemiselulosa adalah komponen utama kedua akuntansi 15−30% dari sel dinding. Hemiselulosa dapat dibagi menjadi empat kelas yang berbeda pada struktur mereka: xilan, mannans, β-glukan, dan xyloglucans. Hemiselulosa adalah polisakarida bercabang mengandung β-1 → 4-backbone glukosa, mannose, atau xylose dalam konfigurasi ekuatorial, dan struktur bervariasi dengan jenis rantai samping dan distribusi tulang punggung ini. Mannans dapat diklasifikasikan sebagai gluco dan galactomannans yang dapat diekstraksi dari gaur, kacang belalang, dll. Xyloglucans digunakan sebagai penebalan dan pembentuk gel dalam makanan dan bisa diisolasi dari biji asam. Hemiselulosa memainkan peran penting dalam memfasilitasi proses fibrilasi. Alasannya kemungkinan besar karena Ikatan hidrogen dan muatan negatif pada hemiselulosa. Hemiselulosa mengelilingi selulosa mikrofibril melalui berbagai ikatan hidrogen yang pada gilirannya menutup celah antara mikrofibril dan menghalangi fibril dari agregasi. Juga, hemiselulosa mengandung asam glukuronat dengan gugus karboksil yang memungkinkan delaminasi serat dengan cara gaya tolak elektrostatik. (Rajinpriya, dkk 2018)



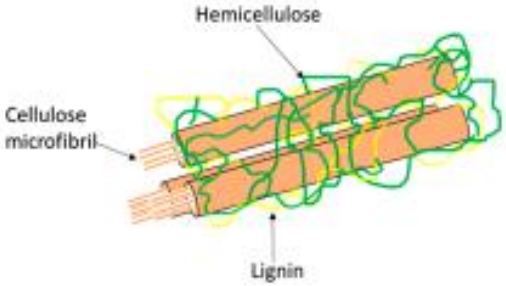
Gambar 2.3 Struktur kimia hemiselulosa (a) β-1,4-glucan, (b) β-1,4-xylan, and (c) β 1,4-mannan (Rajinpriya, dkk 2018)

2.3 Lignin

Lignin adalah cross-linked heterogen dan tidak teratur polimer fenil propana. Lignin berasal dari enzim yang dimediasi polimerisasi. Berat molekul lignin yang diisolasi adalah biasanya dalam kisaran 1000−20000 g / mol, meskipun tingkatannya polimerisasi di alam sulit untuk diterima karena lignin sangat terfragmentasi selama isolasi dan juga mengandung banyak substruktur berulang dengan cara yang tampaknya berbentuk sama. Lignin digunakan dalam berbagai aplikasi sebagai pengemulsi, pewarna, lantai sintetis, pengikat, termoset, cat, dll. (Rajinpriya, dkk 2018)



Gambar 2.4 Struktur Kimia Lignin (Rajinpriya, dkk 2018)



Gambar 2.5 Bundel selulosa tertanam oleh hemiselulosa dan lignin. (Rajinpriya, dkk 2018)

2.4 Nanoselulosa

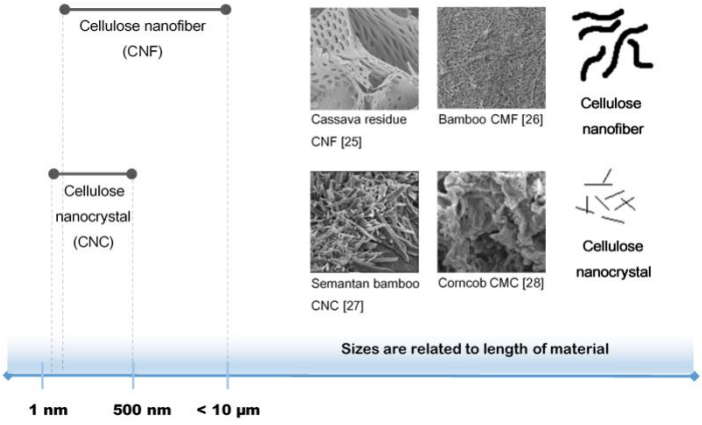
Nanomaterial selulosa (nanoselulosa) dapat dikategorikan menjadi dua kelompok utama berdasarkan ukuran dan strukturnya: objek nano dan struktur nano. Dua kelompok utama dapat bercabang turun ke subkelompok tertentu: selulosa mikrokristal (CMC) dan selulosa mikrofiber di bawah selulosa nano-objek, dan selulosa nanokristal (CNC) bersama dengan selulosa nanofiber (CNF) di bawah selulosa berstruktur nano. Perbedaan utama antara selulosa nano-objek (10-100 μm) dan selulosa berstruktur nano (1-50 nm) adalah ukuran dari bahan nano selulosa.

Namun, Asosiasi Teknis Pulp dan Kertas Industri (TAPPI) dan beberapa badan terkait telah merekomendasikan bahwa nanocellulose dikategorikan ke dalam dua kelompok utama: CNC dan CNF. Secara keseluruhan, tidak ada definisi tetap untuk masing-masing kelompok, karena banyak sumber nanoselulosa hidup berdampingan dalam ruang material yang luas dan tumpang tindih

1. Nanofiber Nanoselulosa (CNF)

Berbagai istilah telah digunakan secara bergantian dengan CNF, seperti sebagai nanofibrillated cellulose (NFC), nanofibrillar cellulose, selulosa nanofibrat, dan bakteri nanoselulosa (BC).

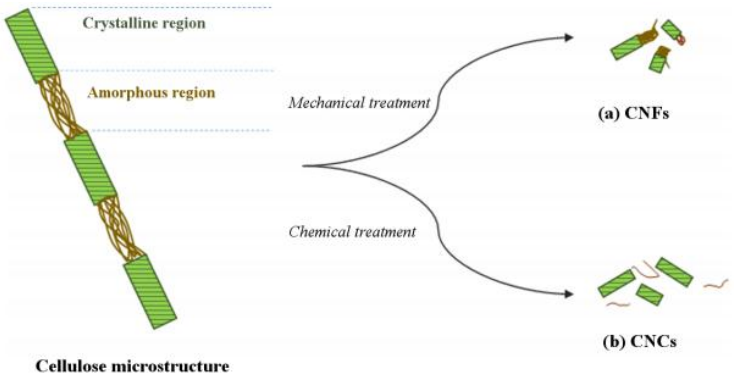
Karena struktur kompleks serat selulosa, sel tanaman dinding harus mengalami disintegrasi mekanik yang kuat sebelum mengubah serat menjadi CNF. Diameter serat umumnya dalam kisaran 10-100 nm, tergantung pada kekuatan disintegrasi. Dalam konteks ekstraksi CNF dari bahan baku, banyak teknik mekanik telah diterapkan. BC adalah selulosa yang disintesis menggunakan pendekatan bottom-up melalui sintesis enzimatik. Ini adalah salah satu bentuk selulosa paling murni yang dihasilkan oleh organisme non-fotosintesis melalui polimerisasi enzimatik dari substrat organik seperti gula dan gliserol. Perbedaan utama antara BC dan lainnya CNF yang diturunkan dari pabrik adalah tidak adanya fungsional tertentu kelompok (kecuali alkohol) dan polimer (lignin, hemiselulosa, dan pektin) pada SM. Oleh karena itu, BC dikenal karena kemurniannya yang tinggi dalam bentuk CNF serta kapasitas penahan air yang tinggi dan kristalinitas (80–90%) di antara berbagai jenis CNF. (Shak, 2018)



Gambar 2.6 Ukuran nanocellulose berdasarkan panjang material (dengan gambar mikroskopis dari berbagai sumber nanocellulose) (Shak, 2018)

2. Nanokristal Selulosa

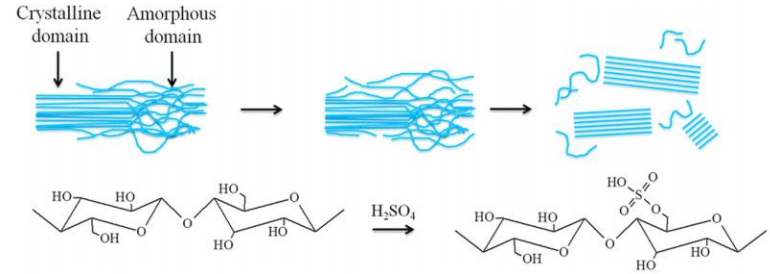
Berbeda dengan CNF, CNC kurang fleksibel karena kristalinitasnya yang lebih tinggi. Ini karena CNC memiliki bentuk seperti batang memanjang dari daerah kristal yang diisolasi dari CNF. Perakitannya terjadi melalui serangkaian perubahan, dimulai dengan eksisi daerah amorf di CNF untuk mengisolasi Kristal daerah, yang dikategorikan hari ini sebagai CNC. Secara konvensional, proses ini dicapai dengan menggunakan asam pekat melalui asam pencernaan sebelum metode perlakuan tambahan. Secara keseluruhan, beberapa langkah pasca perawatan dan pemurnian harus diambil untuk mengekstraksi dan mendapatkan CNC. (Shak, 2018)



Gambar 2.7 Struktur (a) selulosa nanofibers (CNF) dan (b) selulosa nanocrystals (CNC) dihasilkan dari selulosa. (Shak, 2018)

Nanokristal selulosa juga disebut sebagai nanowhiskers, seperti "batang" bola atau "jarum" struktur sangat kristalin dengan diameter 2−25 nm dan panjangnya dari 100 hingga 750 nm tergantung pada sumbernya. CNC pertama kali diperoleh dengan hidrolisis asam oleh Ranby pada tahun 1949, dibahas dalam struktur selulosa, mengandung daerah kristal dan amorf. Selama hidrolisis asam, daerah amorf dihilangkan dengan meninggalkan kristal partikel. Daerah amorf yang hadir dalam rantai selulosa

adalah pertama, area yang mudah diakses oleh asam untuk aksi hidrolitik karena kekuatan kinetik dan hambatan sterik; Namun, daerah kristal kurang terpengaruh oleh hidrolisis. Ukurannya, morfologi, dan derajat kristalinitas akan bervariasi tergantung pada sumber. Hidrolisis asam dapat dicapai dengan menggunakan asam klorida (HCL) dan asam sulfat. Namun, HCL tidak menghasilkan suspensi yang stabil karena tidak adanya permukaan biaya. Sedangkan pada kasus hidrolisis asam sulfat, menghasilkan muatan negatif tinggi. Dilaporkan bahwa panjang dan permukaan muatan serat CNC tergantung pada periode hidrolisis. Panjang serat CNC menurun sementara meningkatkan waktu hidrolisis dengan meningkatkan muatan permukaan. (Rajinpriya, dkk 2018)



Gambar 2.8 Reaksi ekstrak nanoselulosa dengan proses hidrolisis asam (Rajinpriya, dkk 2018)

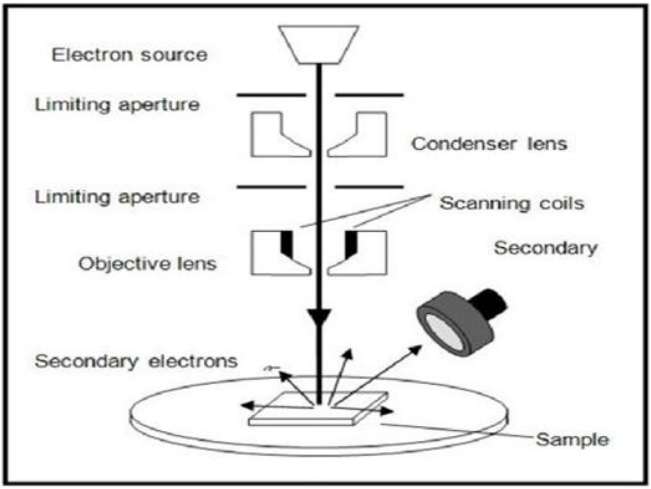
2.5 Prospek Nanoselulosa

Meskipun nanoselulosa memiliki berbagai sifat yang luar biasa dan ketersediaan yang tinggi di alam, ekstraksi nanoselulosa dari biomassa lignoselulosa atau bahan selulosa masih menjadi tantangan utama. Karena agregasi yang kuat dari lignin, hemiselulosa, dan bahan-bahan lain di dinding sel tanaman, pretreatment biomassa merupakan langkah penting untuk menghilangkan semua bahan non-selulosa. Akan tetapi, pretreatment seperti itu selalu mencakup langkah-langkah kompleks, memakan waktu, dan mengkonsumsi bahan kimia beracun dan menghasilkan limbah. Selain itu, metode umum

untuk ekstraksi nanoselulosa dari bahan selulosa mengandung kelemahan seperti tingginya jumlah timbunan air limbah asam untuk hidrolisis asam, konsumsi energi yang tinggi untuk proses mekanik, dan waktu reaksi yang lama untuk hidrolisis enzimatik. Motivasi pada studi nanoselulosa meliputi pengembangan metode ekstraksi baru dengan langkah yang mudah dan lebih sedikit atau tanpa air limbah. (Phathong, 2018)

2.6 *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

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



Gambar 2.9 Prinsip Kerja SEM (Zhou, 2000)

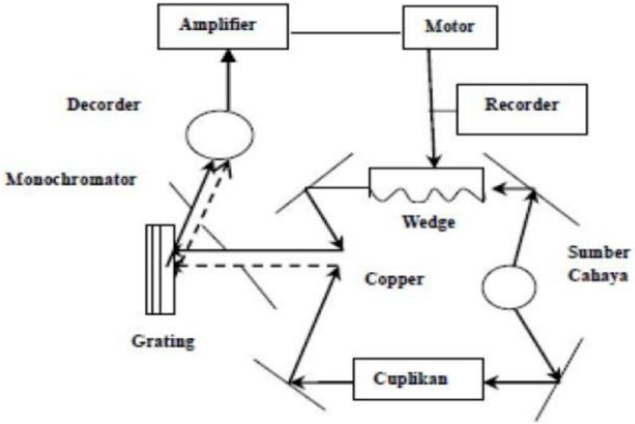
Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut, sebuah pistol elektron akan memproduksi sinar elektron, kemudian elektron tadi dipercepat oleh anoda, setelah itu lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, elektron telah fokus tadi memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil

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

2.7 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

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

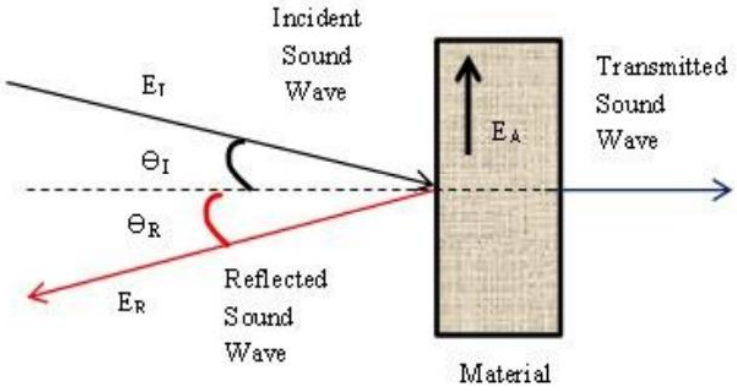
Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan teknik analitik yang digunakan untuk mengidentifikasi material organik (dalam beberapa kasus juga pada material inorganik). Teknik ini mengukur absorbsi panjang gelombang cahaya infrared yang dipancarkan oleh material yang diuji. Pita absorbsi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



Gambar 2.10 Skema Uji FTIR (Zhou, 2000)

2.8 Koefisien Absorbsi Suara

Koefisien absorpsi suara didefinisikan sebagai rasio energi yang diserap terhadap energi peristiwa yang dicatat jumlah suara yang diserap oleh suatu bahan. Semakin tinggi persentase, semakin baik penyerapan adalah, menunjukkan sebagian besar suara yang diserap dan kurang dipantulkan kembali dan digambarkan dalam karya. Ada tiga jenis gelombang yang dihasilkan oleh bahan tertentu yang merupakan gelombang insiden, gelombang suara dipantulkan dan ditransmisikan. Gelombang Insiden adalah gelombang yang diproyeksikan ke material tertentu yang kemudian dapat terjadi tercermin atau dikirim. Ini terutama berkontribusi dalam menemukan kemampuan menyerap materi gelombang suara. Skema Absorbi suara ditunjukkan pada Gambar 2.6. (Amares, 2017)



Gambar 2.11 Skema Absorbsi Suara (Everest, 2009)

Penyerapan bunyi, kemampuan suatu bahan untuk meredam bunyi yang datang, dihitung dalam persen, atau pecahan bernilai $0 \leq \alpha \leq 1$. Koefisien penyerapan digunakan untuk menilai keefektifan bahan dalam menyerap suara. Koefisien absorbsi bervariasi dengan sudut di mana suara mengenai material. Dalam bidang suara di suatu ruangan, suara bergerak dalam setiap arah yang dapat dibayangkan. Dalam banyak perhitungan, kita perlu koefisien penyerapan suara yang dirata-rata atas semua sudut kemungkinan kejadian. Peralatan yang digunakan untuk pengujian koefisien absorpsi suara ini adalah impedance tube dengan standarisasi ASTM E1050 (Everest, 2009).

Koefisien absorbsi suara didapatkan dari koefisien yang dirata-ratakan dari semua sudut insiden. Hal tersebut disebut sebagai koefisien absorbsi suatu material, ditetapkan sebagai α. Jika 55% dari insiden energi bunyi diserap pada beberapa frekuensi, koefisien absorbsi α adalah dikatakan 0,55 pada frekuensi itu. Penyerap suara yang sempurna akan menyerap 100% insiden suara jadi α adalah 1, permukaan yang memantulkan sempurna akan memiliki α 0 (Everest, 2009).

Koefisien absorbsi suara suatu bahan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara energi suara yang diserap oleh bahan tersebut dengan energi suara yang datang atau : (Everest, 2009)

$$\propto = \frac{Wa}{Wi} \quad (2.1)$$

Dimana :

α = Koefisien absorbsi suara

Wa = Daya suara yang diserap (dB)

Wi = Daya suara yang tiba pada permukaan bahan (dB)

Sering kali suatu permukaan terdiri dari berbagai macam bahan atau mempunyai berbagai macam koefisien penyerap suara α1, α2, α3, dan seterusnya. Dalam hal ini koefisien absorbsi permukaan tersebut dinyatakan dengan harga rata- ratanya yang ditentukan dengan rumus berikut : (Everest, 2009)

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha 1S1+\alpha 2S2+\alpha 3S3+\cdots+\alpha nSn}{S1+S2+S3+\cdots+Sn} \quad (2.2)$$

Dimana :

α = Koefisien absorbsi suara

$\overline{\alpha}$ = Rata- rata koefisien absorbsi suara

S = Luas permukaan bidang (mm^2)

Menurut ISO 11654 bahwa nilai α (koefisien absorbsi) minimum bahan untuk dapat dikategorikan sebagai peredam suara adalah 0.15.

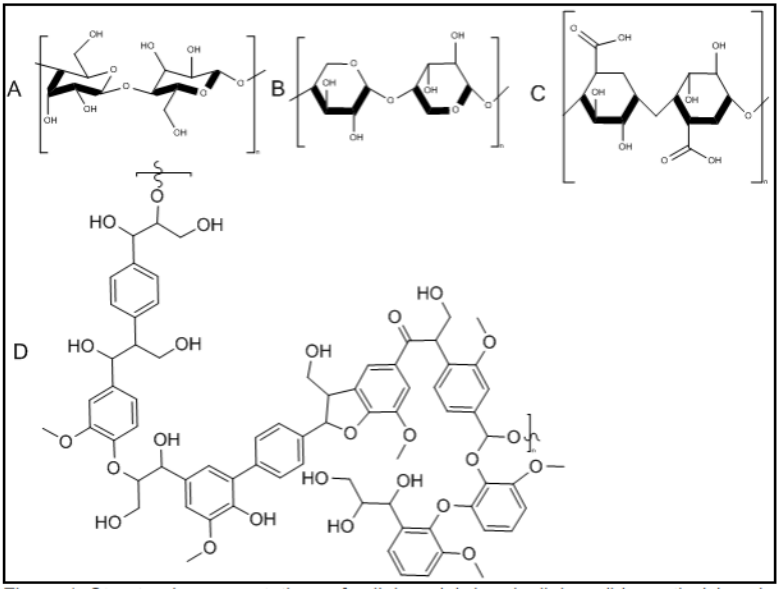
Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Absorbsi Suara (ISO 11654, 1997)

Kelas Absorbsi Suara	**α**
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Tidak tergolong	0,10; 0,05; 0,00

2.9 Komposit Serat Alam

Penelitian tentang komposit serat alam sudah dimulai pada tahun 1900-an. Tetapi komposit serat alam baru mendapat perhatian masyarakat pada tahun 1980. Komposit mayoritas menggunakan material fiberglass dengan campuran komposit serat alam dapat ditemukan diberbagai produk termasuk kapal, ski, mesin agrikultur dan mobil.

Komposit serat alam dapat dibagi dalam dua kategori yaitu serat hewan dan serat selulosa. Struktur kimia kandngan serat alam ditunjukkan pada gambar 2.10. Tumbuhan yang memproduksi serat alam dapat dibagi menjadi primer dan sekunder sesuai dengan pemakaiannya. Tumbuhan Primer ditumbuhkan untuk seratnya, sedangkan tumbuhan sekunder didapatkan seratnya dari mengekstrak tumbuhannya. Ada enam jenis serat alam, yaitu; serat kulit pohon, serat daun, serat buah, serat rumput, serat jerami. Menggunakan serat alam dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan kekakuan material, tetapi harus dikondisikan secara mekanis dan harus menjalankan perlakuan kimia. Seleksi serat alam sebagai reinforcement dalam komposit bergantung dengan aplikasinya (Rohan, 2018).



Gambar 2.12 Representasi Struktural dari celulosa(a), hemicelulosa(b), pectin(c), lignin(d) (Mochane, 2018)

Salah satu keunggulan menggunakan serat alam adalah biaya yang diperlukan, keberlanjutan material, dan densitas material. Tetapi ada yang menyebabkan pembatasan dalam produksi komposit serat alam. Pertama, sifat mekanik kekuatan komposit serat alam sangat rendah jika dibandingkan dengan gelas. Hal ini terjadi karena ketidakcocokan antara serat dan resin matrix. Tetapi jika dibandingkan antara kekuatan spesifik, komposit serat alam tidak jauh beda dari komposit serat kaca.

Faktor kedua yang mempengaruhi pembatasan produksi komposit serat alam adalah sifat menyerap air. Komposit serat alam dapat menyerap air dari udara dan kontak langsung dari lingkungan. Penyerapan ini dapat menyebabkan deformasi di permukaan komposit seperti tonjolan dan lubang. (Westman, 2010)

Selama beberapa dekade terakhir, ada banyak kemajuan dalam penggunaan komposit serat alam karena penguapan yang

terjadi dalam minyak bumi dan sumber dayanya. Pemanfaatan komposit serat alam memiliki beberapa keterbatasan (stabilitas termal rendah, sangat mudah terbakar, penyerapan air yang tinggi, variasi dalam sifat mekanik dll.) terutama dalam aplikasi teknik. Hal ini menyebabkan lebih banyak penelitian dalam menggabungkan komposit serat alami dengan pengisi lain untuk mengatasi keterbatasan. (Mochane, 2018)

2.10 Aplikasi Material Absorbsi Suara

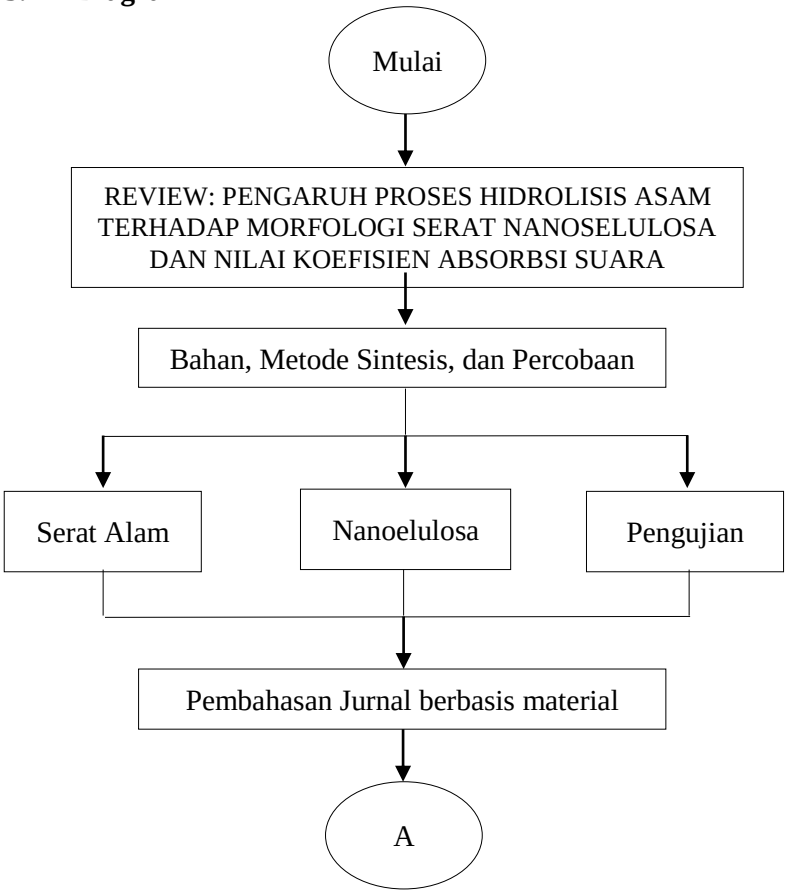
Tabel 2.2 menjelaskan berbagai macam aplikasi material absorbs suara dalam kehidupan sehsri-hari

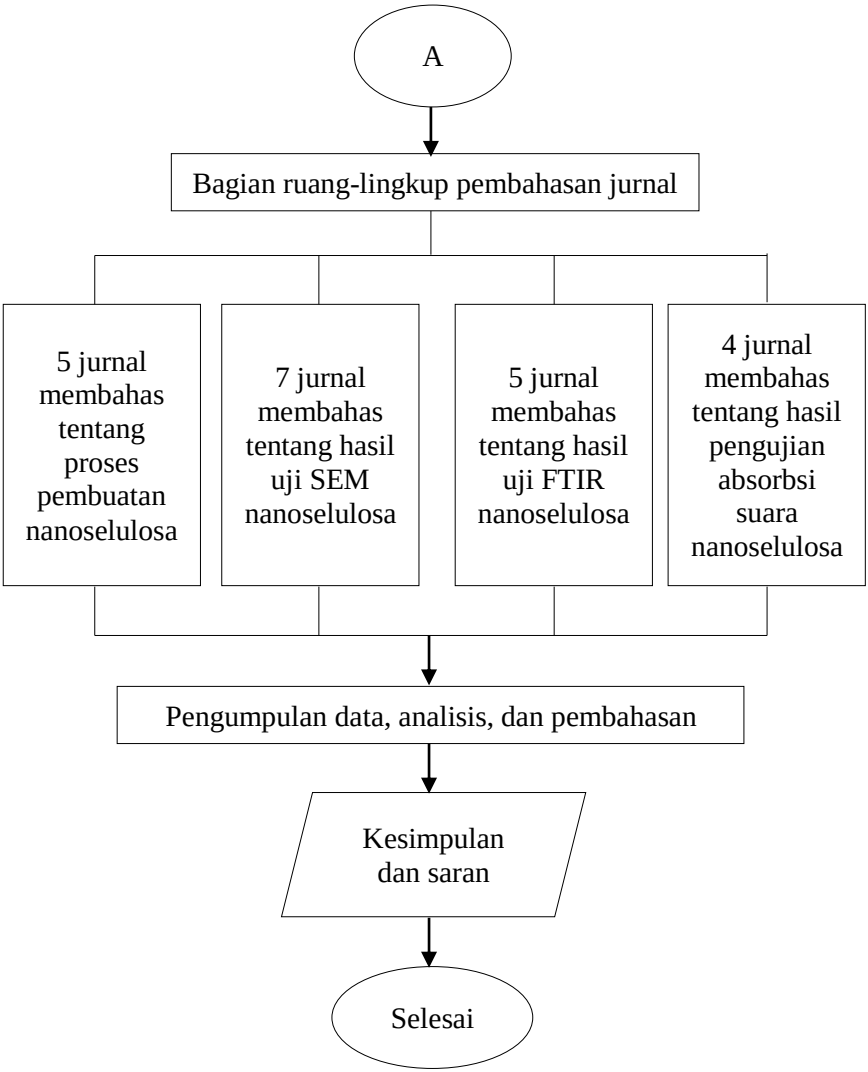
Tabel 2.2 Koefisien Absorbsi (α) Suara Material (Vorlander, dkk 2008)

Material	Frekuensi (Hz)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Dinding Beton Kasar	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.07
Dinding Beton Halus	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05
Panel Kayu	0.42	0.21	0.1	0.08	0.06	0.06	-
Karpet Katun	0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.54	0.48
Tirai Katun	0.3	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71
Kursi Berlapis Kain Tebal	0.7	0.76	0.81	0.84	0.84	0.81	-

BAB III
METODOLOGI REVIEW

3.1 Diagram Alir





Gambar 3.1 Diagram Alir Review Jurnal

Metodologi paper review ini diawali dengan penemuan tema pengaruh proses pembuatan nanoselulosa terhadap morfologi serat dan nilai koefisien absorbsi suara. Setelah tema didapatkan, kemudian difokuskan pada bahan, metode sintesis, dan pengujian. Karena review ini bertema nanoselulosa, maka dijelaskan proses pembuatan nanoselulosa. Metode yang digunakan untuk mensintesis nanoselulosa adalah alkalisasi dan hidrolisis asam. Setelah metode sintesis selesai, maka dilanjutlan dengan pengujian morfologi serat yaitu dengan uji SEM dan FTIR, sedangkan pengujian Koefisien Absorbsi Suara bertujuan untuk menganalisis kemampuan material untuk menyerab suara.

3.2 Material Review Jurnal

Pada review jurnal ini digunakan jenis serat alam yang berbeda – beda untuk menunjang pembahasan dari review jurnal. Adapun jenis – jenis serat alam beserta dengan konsentrasi H_2SO_4, temperature, dan waktu pada proses hidrolisis asam yang digunakan pada review jurnal ini ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Review Jurnal

Serat Alam	Parameter H2SO4			Pengaruh	Referensi
	Konsentrasi	T (^oC)	Waktu		
Kapas	50%	40	1 Jam	Serat berbentuk lonjong membuat luas permukaan meningkat dan menunjukkan sifat serat yang reaktif.	Theivasanthi, dkk (2017)
Tebu	65%	45	1 Jam	Menunjukkan bukti bahwa	Sofla, dkk (2016)

				lignin dan hemiselulosa telah dihilangkan pada saat proses bleaching.	
Kelapa Sawit	65%	40	1 Jam	Diameter serat rami memiliki menurun menjadi 62-65 µm.	Farid, dkk (2020)
padi	32%	70	2 Jam	Berbentuk seperti batang dengan diameter dan nilai kristalinitas yang cocok dengan selulosa nanokristal	Huntley, dkk (2015)
Kacang	65%	45	1 Jam	Menghilangkan lignin dan menghasilkan pori	Zheng, dkk (2019)
tongkol jagung	47%	80	2 Jam	fibrilasi dan kerusakan serat pada potongan kecil yang meningkatkan luas permukaan	Kunusa, dkk (2018)
Silver Grass	43%, 50%	60	45, 90 menit	ukuran serat berkurang, terutama lebarnya	Barbash, dkk (2019)

Tebu	60%, 50%	40	10, 20 menit	Hasil nanoselulosa dengan waktu proses yang lebhih lama memiliki diameter yang lebih kecil	Wulandari, dkk (2016)
Kayu	20, 40, 60%	20, 40, 60	2, 4, 6 jam	Dengan konsentrasi tinggi, diameter dan panjang serat semakin mengecil	Pan, dkk (2013)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Nanoselulosa

1) Proses Alkalisasi

Menurut Tajul, dkk (2014) perlakuan alkali menghilangkan sejumlah lignin, dan minyak yang menutupi permukaan luar sel serat dinding. Perlakuan ini dapat merusak struktur lignin dan membantu untuk memisahkan hubungan struktural antara lignin dan karbohidrat. Perlakuan alkalisasi dengan kadar NaOH yang rendah dapat menghasilkan pelarutan lignin, pektin dan hemiselulosa. Proses alkalisasi perlu dikendalikan untuk menghindari degradasi selulosa yang tidak diinginkan dan untuk memastikan bahwa hidrolisis hanya terjadi pada permukaan serat sehingga nanofibers utuh dapat diekstraksi.

Pretreatment alkali-asam adalah metode yang paling umum digunakan untuk pelarutan lignin, hemiselulosa, dan pektin sebelum isolasi mekanik NFC. Metode ini termasuk langkah-langkah yaitu menggunakan Natrium hidroksida (NaOH). Merendam serat dalam larutan 12-17,5% berat selama 2 jam. Ini memunculkan luas permukaan serat selulosa dan memudahkan hidrolisis. Lalu menggunakan Asam klorida (HCL). Merendam serat dalam larutan 1M pada 60–80°C. Ini melarutkan hemiselulosa. Sodium hidroksida (NaOH). Perlakuan dengan larutan NaOH 2%wt selama 2 jam pada 60–80°C. Ini mengganggu struktur lignin, dan memutus hubungan antara karbohidrat dan lignin. Perlakuan alkalisasi adalah metode efektif yang dapat meningkatkan hasil selulosa 43% hingga 84%. Proses ini juga berfungsi untuk menghilangkan sebagian lignin dan hemiselulosa serat lambung kedelai dan jerami gandum. (Asim, dkk 2017)

2) Hidrolisis Asam

Perlakuam secara kimia pada selulosa, pati, atau hemiselulosa menggunakan larutan asam dengan tujuan untuk memecah polisakarida gula sederhana dikenal sebagai hidrolisis

asam. Lignoselulosa serat seperti rami mengandung 20% hingga 40% hemiselulosa, yang heteropolysaccharides terutama terdiri dari pentosa dan heksosa. Hidrolisis asam dapat menghasilkan gula-gula ini sebagai monomer. Menjadi lebih amorf dibandingkan dengan selulosa, hemiselulosa lebih rentan terhadap reaksi oksidasi dan degradasi. Hidrolisis ikatan glikosidik dimungkinkan dalam baik medium asam dan basa, tetapi hidrolisis jauh lebih cepat terjadi pada pH yang lebih rendah. Asam klorida dan asam sulfat adalah dua pilihan untuk hidrolisis asam untuk menghasilkan nanokristal. Asam klorida menghasilkan kristal nano yang hampir netral dispersibilitas terbatas dalam air sedangkan asam sulfat memberi produk yang lebih stabil pada rentang nilai pH yang luas. Waktu reaksi adalah parameter penting untuk dipertimbangkan selama hidrolisis (mis., waktu reaksi yang panjang dapat menghasilkan kadar selulosa yang tinggi pada serat rami) (Tajul, dkk 2014).

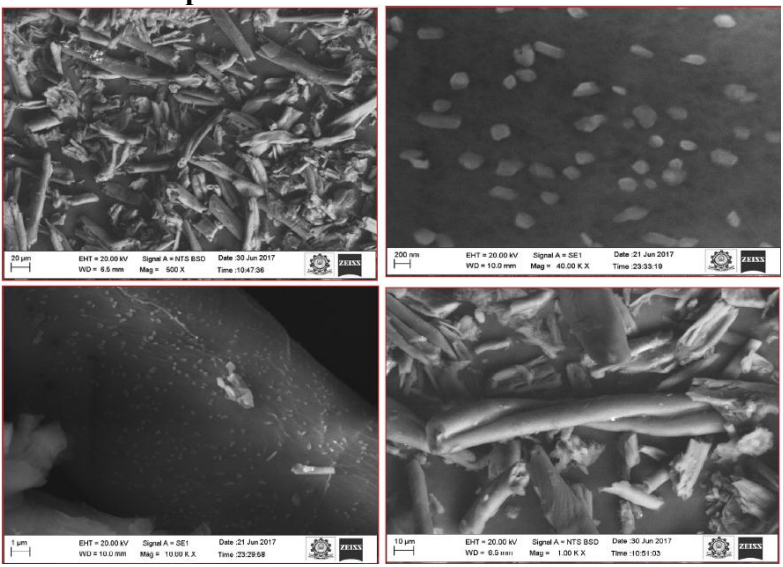
Hidrolisis asam adalah teknik umum yang digunakan untuk mengekstrak CNC dari selulosa. Tidak seperti perlakuan secara mekanik, teknik ini menghancurkan daerah amorf (wilayah non-kristal) di mikrofibril, membiarkan daerah kristal tetap utuh (Shak, dkk 2018). Menurut Shanmugarajah, dkk (2015) proses hidrolisis asam adalah proses sintesis nanoselulosa dengan cara depolimerisasi rantai selulosa secara hidrolitik pada ikatan glikosida.

Menurut Kim, dkk (2015) Serat kayu terdiri dari selulosa hemiselulosa dan lignin, dimana lignin menghambat pemisahan kayu menjadi serat-serat komponennya. Adalah masuk akal untuk menghapus pada langkah awal untuk ekstraksi NC. Proses pembuatan pulp kraft adalah metode yang paling umum digunakan untuk menghilangkan lignin, yang menggunakan larutan natrium hidroksida dan natrium sulfida dalam digester. Microcrystalline cellulose (MCC) dapat digunakan sebagai sumber perantara untuk ekstraksi CNF dan CNC, di antaranya sebagian besar lignin dan sejumlah besar hemiselulosa telah

dihilangkan. Hidrolisis asam dapat secara efektif memecah selulosa amorf dan mengekstraksi CNC ke dalam suspensi.

4.2 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Morfologi Serat alam

4.2.1 Serat Kapas

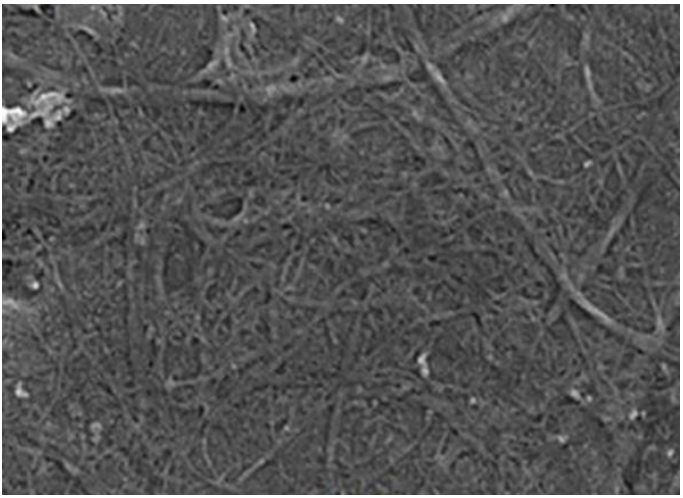


Gambar 4.1 Hasil Pengujian SEM dengan perbesaran (a) 500 x, (b) 40,000 x, (c) 10,000 x, (d) 1,000 x (Theivasanthi dkk., 2017)

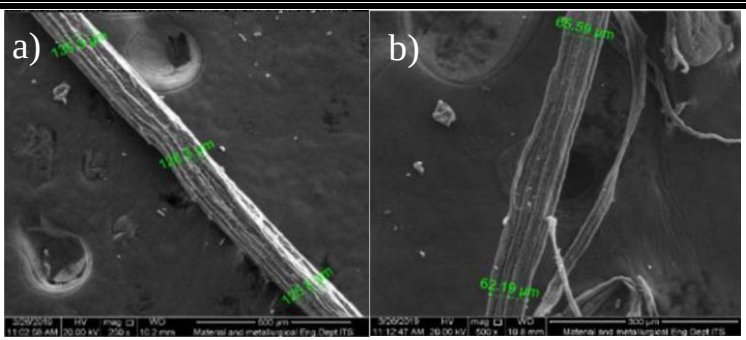
Pada penelitian Theivasanthi dkk (2017) menunjukkan reaksi kimia hidrolisis asam dengan konsentrasi H_2SO_4 50% pada temperature 40°C selama 1 jam dengan bentuk serat seperti pada Gambar 4.1. Bentuk serat nanoselulosa pada pengujian SEM dari serat dengan perlakuan hidrolisis asam berbentuk lonjong seperti jarum.

4.2.2 Serat Tebu

Menurut Sofia, dkk (2016) pada Gambar 4.3 menunjukkan morfologi serat tebu, serat selulosa, selulosa nano fibril, dan nanoselulosa nanokristal secara berututan. Pada Gambar 4.2 (e) dan (f) masing-masing menunjukkan SEM dan TEM dari selulosa nano fibril dengan perlakuan hidrolisis asam. Serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Theivasanthi dkk (2017) bahwa hasil dari pengujian SEM pada serat dengan perlakuan hidrolisis asam memiliki bentuk seperti jarum. CNC memiliki ukuran panjang serat dalam kisaran 160−400 nm dengan diameter serat sekitar 20−30 nm. Dari gambar 4.2 tersebut dapat diketahui bahwa serat setelah proses hidrolisis asam memiliki ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan serat murni dan serat dengan perlakuan alkalisasi (serat selulosa)



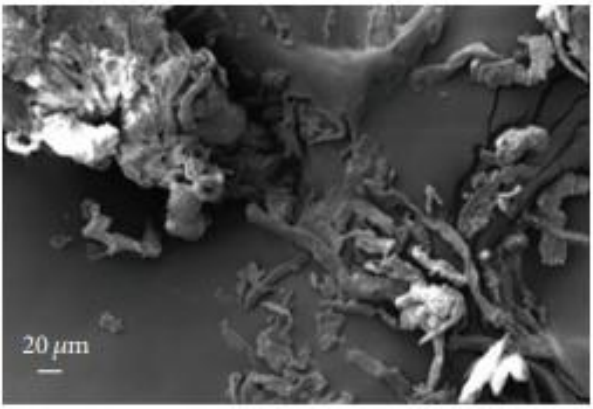
Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM nanoselulosa nanokristal serat tebu (Sofla, dkk 2016)



Gambar 4.3 Hasil Uji SEM serat bambu (a) tanpa perlakuan (b) dengan perlakuan hidrolisis asam (Farid dkk, 2020)

Farid, dkk (2020) dalam penelitiannya menunjukkan hasil pengamatan SEM pada serat rami sebelum dan setelahalkalisasi dengan perbesaran 250x. Diameter serat rami tanpa perlakuan berada pada *range* 125-135 µm. Permukaan serat alam tanpa perlakuan memiliki kandungan, pektin, lignin, zat berlemak dan kotoran yang melapisi permukaan seratnya. Namun, pada Gambar 4.4 (b) menunjukkan hasil yang lebih bersih dan kasar pada serat dengan perlakuan alkalisasi dan diameter serat rami menurun menjadi 62-65 µm.

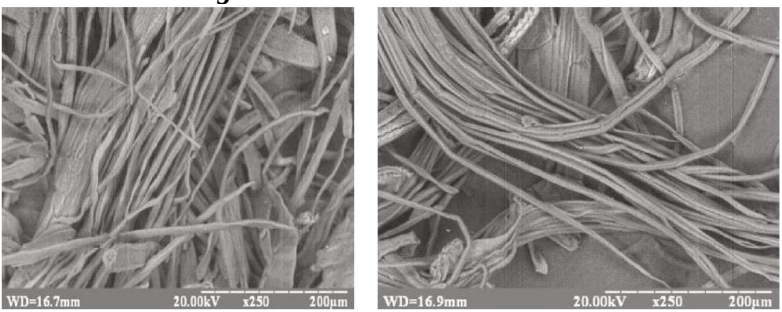
4.2.3 Serat Padi



Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM nanoselulosa serat padi (Huntley dkk., 2015)

Berdasarkan penelitian Huntley dkk (2015) pada Gambar 4.4 Selulosa yang diekstraksi menggunakan metode asam nitrat dan sulfur menunjukkan bentuk-bentuk batang yang sama bila dibandingkan dengan serat gandum tanpa perlakuan. Namun, panjang dan lebar dari serat dengan perlakuan kimia menunjukkan jumlah yang jauh lebih besar bila dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Dalam perlakuan dengan asam nitrat, serat dengan bentuk batang maupun struktur mikrokristal batang pendek dapat terlihat pada Gambar 4.4. Hasil serupa ditunujukkan untuk ekstraksi selulosa menggunakan asam sulfat pada Gambar 4.4. Dimana terjadi agregasi selulosa pada serat setelah diberi perlakuan dengan metode asam nitrat dan asam sulfat. Dapat dikatakan bahwa agregasi terjadi karena pengangkatan kotoran secara signifikam selama proses *pre-treatment* tersebut. Penelitian lebih lanjut saat ini sedang dikembangkan pada teknik untuk memecah ikatan hidrogen dengan tujuan untuk membatasi jumlah agregasi selama proses hidrolisis, sehingga akan menghasilkan selulosa yang lebih banyak pada serat alam.

4.2.4 Serat *Silvergrass*

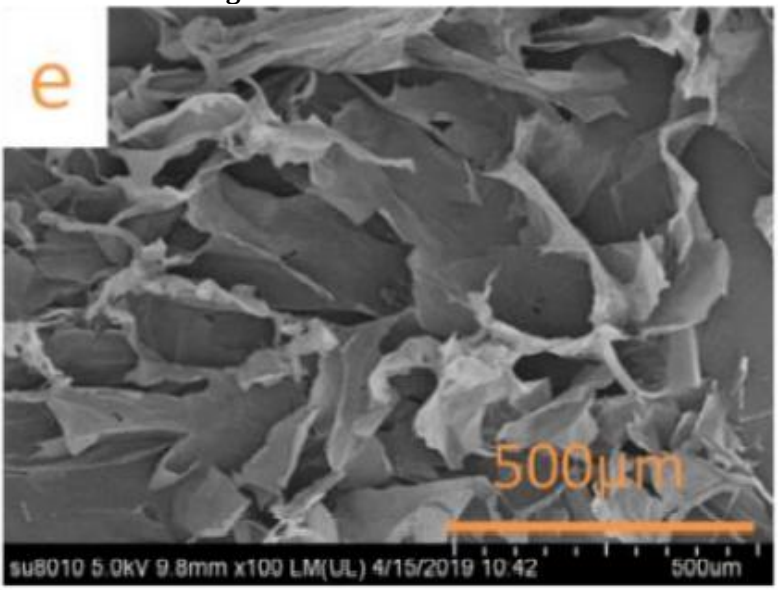


(a) (b)

Gambar 4.5 Hasil Pengujian SEM (a) sebelum dan (b) sesudah proses hidrolisis asam (Barbash dkk., 2019)

Menurut hasil SEM Barbash, dkk (2019), sebagian besar bubur kertas dari rumput jenis *miscanthus* memiliki lebar dan panjang yang berbeda dan dapat tunggal dan bergabung menjadi beberapa bagian. Dari hasil pengujian SEM pada Gambar 4.5 tersebut menegaskan bahwa dalam proses pengolahan termokimia komponen pada serat alam dan ukuran serat berkurang, terutama lebarnya karena terjadi penghilangan komponen nonselulosa dari serat. Selain itu, dapat dilihat dari Gambar 4.5 (b), serat setelah proses hidrolisis asam permukaan serat menjadi lebih halus dan bersih.

4.2.5 Serat Kacang

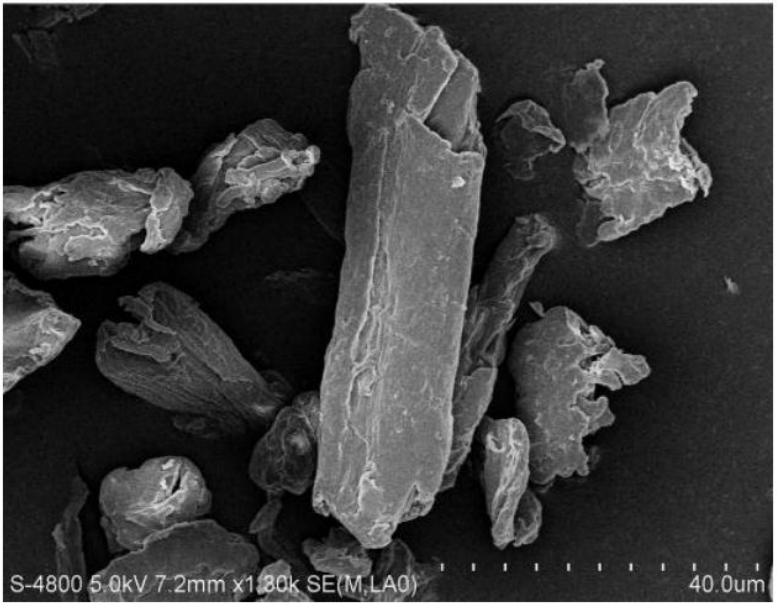


Gambar 4.6 Hasil Uji SEM (Zheng dkk., 2019)

Zheng dkk (2019) meneliti bahwa serat kacang tanpa perlakuan apapun seperti pada Gambar 4.6 menunjukkan permukaan yang kasar. Namun, permukaan serat kacang dengan proses alkalisasi seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 memiliki struktur berpori tidak teratur karena degradasi hemiselulosa dan degradasi parsial lignin oleh larutan NaOH. Selanjutnya, serat kacang dengan perlakuan bleaching pada Gambar 4.6 menunjukkan struktur yang lebih jelas dan bersih, sebagai indikasi keberhasilan penghapusan residu lignin oleh larutan buffer asetat / $NaClO_2$. Kemudian pada Gambar 4.6 menunjukkan jaringan berpori dengan struktur yang pipih . hal tersebut karena ikatan hidrogen yang kuat selama dikenai *freeze-drying* yang menyebabkan nanopartikel berubah menjadi struktur lamelar . Gambar 4.6 (e) merupakan morfologi dari aerogel selulosa

nanokristal dengan struktur yang berpori akibat diberi perlakuan hidrolisis asam.

4.2.6 Serat Kayu



Gambar 4.7 Hasil Uji SEM nanoselulosa serat kayu (Pan, dkk 2013)

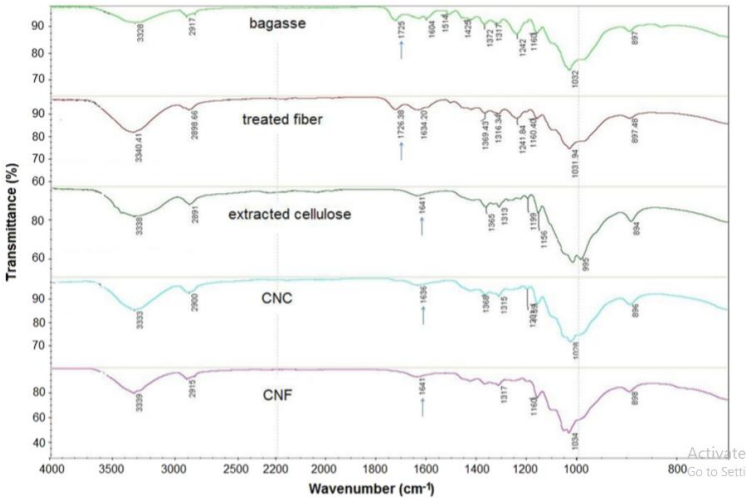
Pan, dkk (2013) dalam penelitiannya melakukan proses hidrolisis asam dengan berbagai sampel, sesuai dengan Gambar 4.8, yaitu dengan konsentrasi H_2SO_4 20, 40, dan 60%, waktu proses 2, 4, dan 6 jam, kemudian dengan temperatur 20, 40, dan $60^{O}C$. Dalam review ini membahas 3 sampel dari jurnal tersebut, sampel 3 dengan konsentrasi, waktu, dan temperatur 60%, 2 jam, $40^{O}C$, sampel 5 dengam konsentrasi, waktu dan temperatur 20%, 6 jam, $40^{O}C$, sampel 7 dengan konsentrasi, waktu, dan temperatur 20%, 2 jam, $60^{O}C$. Pada ketiga proses diatas sampel satu, dua, dan tiga mendapatkan diameter masing-masing sebesar 11, 33, dan 31 nm dengan panjang serat sebesar 199, 317, 315 nm.

4.3 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Struktur Kimia Serat Alam

4.3.1 Serat Tebu

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian FTIR menurut Sofla, dkk (2016). Spektra FTIR dari semua sampel telah menunjukkan pita lebar di wilayah antara 3200 dan 3500 yang menentukan getaran peregangan O–H bebas dari gugus OH dalam selulosa molekul. Spektrum semua sampel menunjukkan karakteristik getaran peregangan C–H sekitar 2894. Di Selain itu, puncak getaran terdeteksi pada 1366 dengan getaran lentur C–Ikatan H dan C–O pada cincin aromatik polisakarida. Perlakuan alkalisasi dapat mengurangi ikatan hidrogen dengan menghilangkan gugus hidroksil melalui reaksi dengan natrium hidroksida. Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi –OH. Puncak absorbansi diamati dalam spektrum serat selulosa yang dengan perlakuan alkalisasi dan nanoselulossa yang diekstraksi dalam wilayah antara 1641–1649 merupakan O–H bending sebagai indikasi air yang diserap oeh serat.

Puncak padaa kisaran 1025 dan 1161cm^{-1} adalah cincin pyranose C-O-C peregangan getaran. Pita serapan paling penting yang terus meningkat dari ampas tebu pada serat dengan perlauan kimi adalah pada 902 cm^{-1} (terkait dengan hubungan glikosidik antara unit glukosa dalam selulosa). Serat ampas tebu tanpa perlakuan memiliki puncak serapan yang kuat pada daerah 1600cm^{-1} dan 1730-1740cm^{-1}. Puncak ini merupakan indikasi komponen hemiselulosa dan lignin. Puncak karakteristik ini benar-benar tidak ada dalam produk selulosa akhir setelah perlakuan hidrolisis asam pada pembuatan nanoselulosa. Oleh karena itu, selulosa dan nanoselulosa yang diperoleh dengan dua metode berbeda efektif dalam menghilangkan kotoran, dan produk akhirnya bebas dari hemiselulosa dan lignin. (Sofla, dkk 2016)

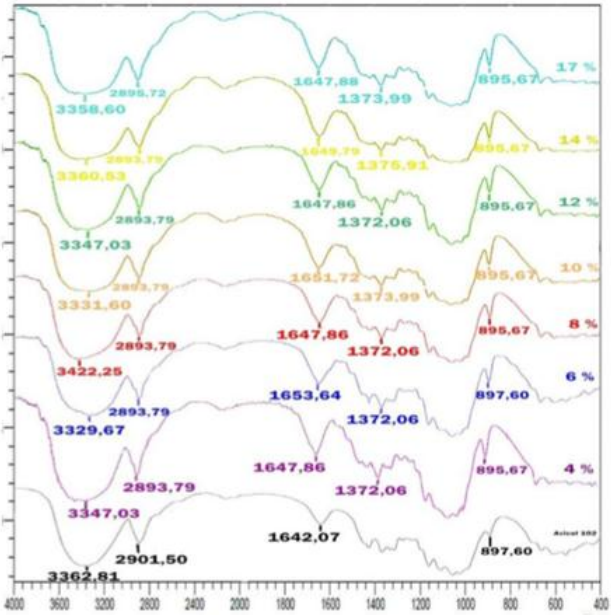


Gambar 4.8 Hasil Pengujian FTIR serat tebu, selulosa setelah proses alkalisasi, selulosa setelah proses bleaching, nanoselulosa setelah proses hidrolisis asam, dan nanoselulosa setelah mechanical process (Sofla dkk., 2016)

4.3.2 Serat Tongkol Jagung

Pada Gambar 4.11 menunjukkan daerah serapan pada sampel dengan perbedaan variasi konsentrasi asam. Spektrum pada 4000-2995 cm^{-1}, 2900 cm^{-1}, 1430 cm^{-1}, 1375 cm-1, dan 900 cm-1 menunjukkan daerah kristal dan amorf. Ada perubahan struktur seluolosa I menjadi selulosa II dengan NaOH 6%, yang ditunjukkan dengan peregangan OH pada 3331 cm^{-1}, 3347 cm^{-1}, 3360 cm^{-1} dan peregangan C = O pada 1642-1649 cm^{-1}. Karakteristik kelompok glikosidik ikatan C-O, C-O-C, dan C-OH dengan variasi konsentrasi terlihat pada 1161,83 cm^{-1}. Pembentukan alkali-selulosa diperkuat oleh peregangan kelompok C-O dan C-C pada 1063-1065 cm^{-1}. Untuk NaOH 4% dan 6%, ada puncak tajam pada 897 cm yang khas untuk hubungan β-glikosidik selulosa I. Selulosa dengan NaOH ≥6%, menunjukkan pergeseran puncak pada 998 cm^{-1}, 995 cm^{-1}, 895

cm^{-1}. Ini menunjukkan terjadinya struktur kristal selulosa II. Puncak ini sesuai dengan spektrum selulosa

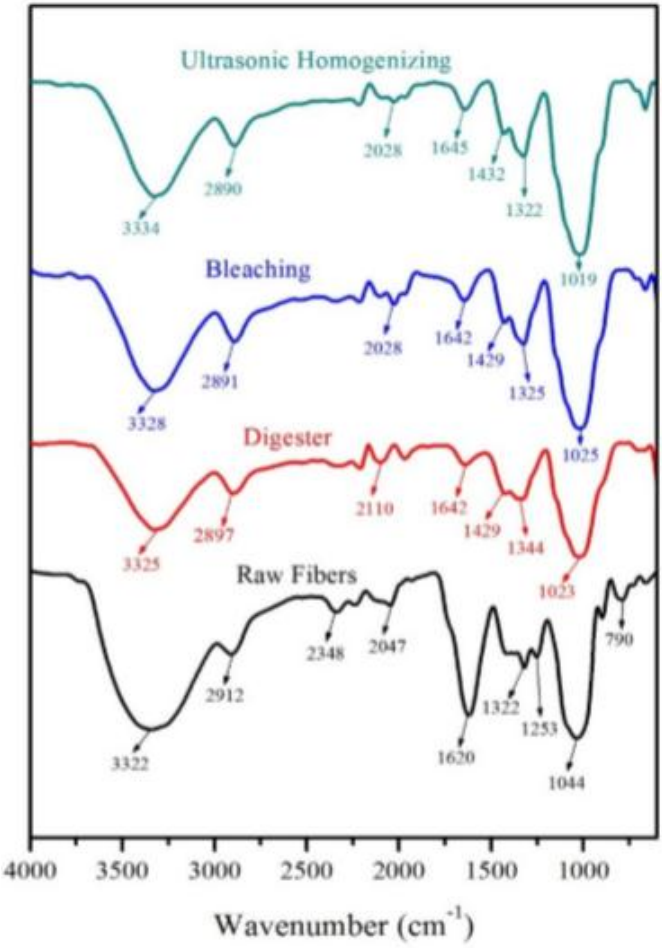


Gambar 4.9 Hasil Pengujian FTIR dengan konsentrasi alkalisasi yang berbeda-beda (Kunusa dkk., 2018)

4.3.3 Serat Eceng Gondok

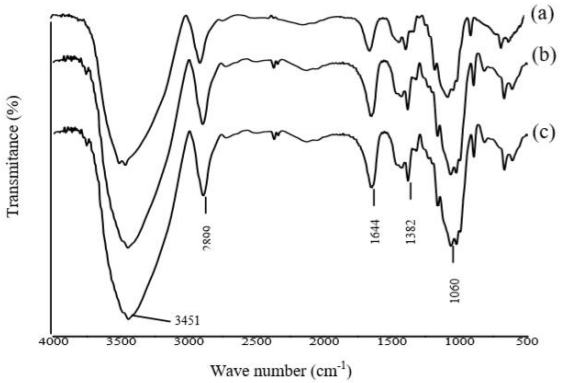
Menurut (Asrofi, dkk 2017) Perlakuan alkali dapat mengurangi ikatan hidrogen karena hilangnya gugus hidroksil oleh reaksi natrium hidroksida (NaOH). Pada Gambar 4.12 menunjukkan hasil pada beberapa perlakuan dapat mengurangi konsentrasi OH, dan juga memperkuat degradasi intensitas puncak mulai 3500 dan 3200 dibandingkan dengan serat tanpa perawatan. Menurut (Wulandari, dkk 2016) Puncak serapan pada 3451 dan sekitar 2899 dikaitkan dengan O-H dan C-H peregangan getaran. Penyerapan puncak pada 1644 dilaporkan sebagai getaran O-H dari air yang diserap. Puncak untuk getaran C-H dan

C-O terkandung dalam cincin polisakarida selulosa sekitar 1382. Getaran C-O-C dalam cincin pyranose ditunjukkan oleh penyerapan puncak pada 1060.



Gambar 4.10 Hasil Pengujian FTIR pada beberapa perlakuan (Asrofi dkk., 2017)

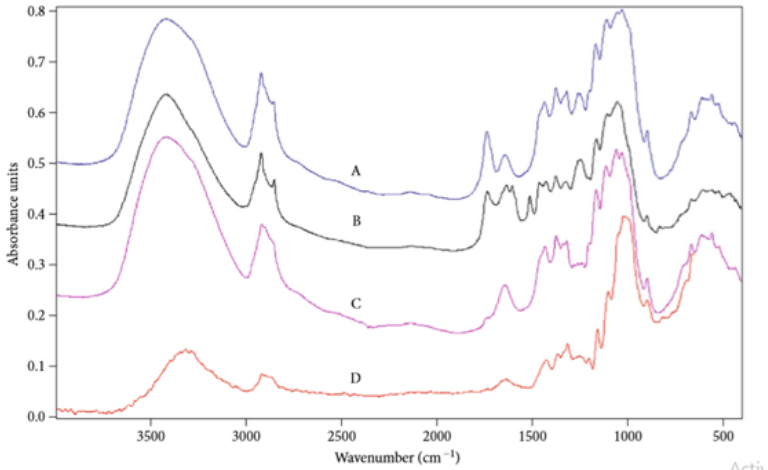
4.3.4 Serat Tebu



Gambar 4.11 Hasil Pengujian FTIR pada (a) selulosa, (b) nanoselulosa A, dan (c) nanoselulosa B (Wulandari dkk., 2016)

Pita nanocellulose di wilayah ini ditandai dengan intensitas rendah, yang menunjukkan pembentukan ikatan antar molekul yang kuat antara kelompok hidroksil dari makromolekul nanoselulosa. Pita-pita di area 3000–2800 sesuai dengan asimetris dan getaran peregangan simetris dari gugus metilen dari selulosa. Peningkatan intensitas pita di wilayah 1050, 1400, dan 3400 pada Gambar 4.13 menunjukkan efisiensi penghapusan komponen lignin dan nonselulosa dari bahan baku tanaman dalam urutan perlakuan secara kimia yang telah dilakukan (Barbash, dkk 2019).

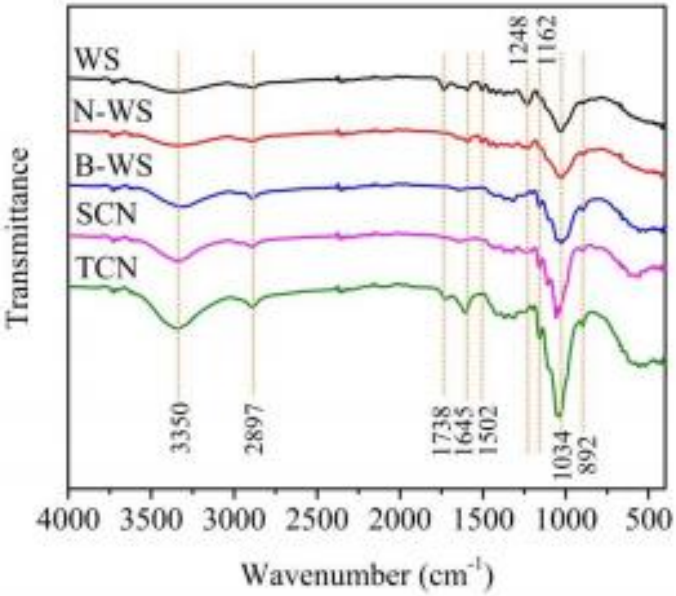
4.3.5 Serat Tebu



Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR dengan (a) serat rumput, (b) sebelum alkalisasi, (c) setelah alkalisasi, (d) setelah hidrolisi asam (Barbash dkk., 2019)

Analisis daerah serapan komposit UPR / nanoselulosa, pada puncak penyerapan 2919.61cm-1, menunjukkan Ikatan O-H membentang. C = C terikat memanjang pada puncak absorpsi 1491,25 cm-1. Area penyerapan antara 1577.68-1718.35 cm-1 menunjukkan C = O membentang. Luas serapan 1451,04 cm-1 dan 696,15 cm-1 menunjukkan bahwa C-H mengalami deformasi. Daerah serapan 1395,43 cm-1 dan 1254,36 cm-1 menunjukkan O-H mengalami deformasi. Area penyerapan 1116,71 cm-1 dan 1065,65 cm-1 menunjukkan bahwa C-O membentang. Puncak penyerapan 741,96 cm-1 menunjukkan deformasi dari cincin benzena C-H (Farid, 2018).

4.3.6 Serat Kacang



Gambar 4.13 Hasil Uji FTIR (Zheng dkk., 2019)

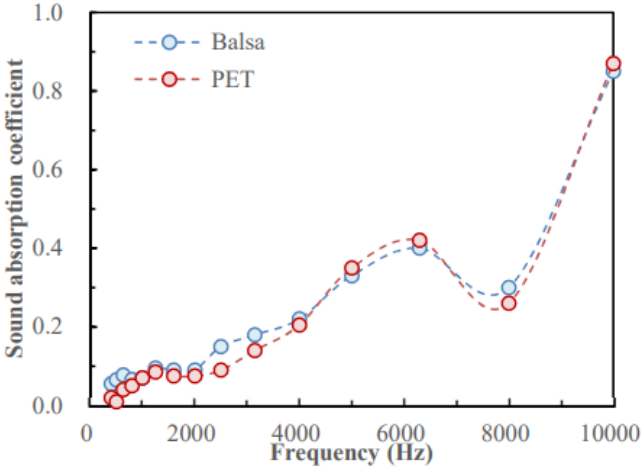
Menurut Zheng, dkk (2019) Perubahan dalam struktur kimia serat kacang mentah setelah berbagai perawatan diselidiki menggunakan FTIR (Gambar 4.15). Dua daerah penyerapan utama muncul di semua kurva di antaranya di daerah bilangan gelombang tinggi dari 2800 hingga 3500 cm^{-1} dan yang lain berada di wilayah bilangan gelombang rendah dari 600 hingga 1750 cm^{-1}. Puncak pada 2897 cm^{-1} dikaitkan dengan getaran peregangan dari kelompok C-H selulosa, sedangkan wilayah yang luas sekitar 3350 cm^{-1} dikaitkan dengan getaran peregangan O-H dari kelompok hidroksil yang terikat hidrogen dalam molekul selulosa. Selanjutnya, puncak pada 1738 cm^{-1} sesuai dengan kelompok asetil dan ester besi hemiselulosa dan hubungan ester dari gugus karboksilat dari asam ferulat dan p-coumaric di lignin

dan hemiselulosa. Tidak adanya puncak pada 1738 cm^{-1} dalam spektrum FTIR alkalisasi serat kacang menunjukkan bahwa hemiselulosa di serat kacang secara efektif terdegradasi oleh perlakuan NaOH. Puncak pada 1248 cm^{-1} dan 1502 cm^{-1} dalam spektrum FTIR, sesuai dengan getaran kerangka aromatik lignin, menghilang dalam kurva *bleaching* serat kacang, mengkonfirmasikan bahwa mayoritas lignin dihilangkan pada proses *bleaching*. Selanjutnya, tidak adanya puncak pada 1738 cm^{-1}, 1502 cm^{-1}, dan 1248 cm^{-1} dalam spektrum bleaching serat kacang konsisten dengan perubahan komponen kimia selama proses alkali dan *bleaching*. Puncak serapan pada 1162 cm^{-1} dan 1034 cm^{-1} di semua kurva sesuai dengan getaran peregangan ikatan C–O–C dalam hubungan tautan 1,4-glikosidik dari unit-unit d-glukosa dalam selulosa, yang diinterpretasikan sebagai tipikal untuk struktur selulosa . Puncak pada sekitar 1645 cm^{-1} dalam spektrum semua sampel dikaitkan dengan getaran peregangan H–O–H dari air teradsorpsi karena kelompok hidroksil dalam selulosa, sedangkan yang pada 892 cm^{-1} mewakili C–H deformasi selulosa.

Tidak ada perbedaan signifikan antara spektrum selulosa nanokristal dan *bleaching* serat kacang, menunjukkan bahwa karakteristik struktur molekul selulosa dipertahankan selama hidrolisis asam sulfat. Peningkatan jumlah relatif selulosa dalam sampel karena penurunan jumlah komponen lain pada hidrolisis dapat menyebabkan sedikit peningkatan intensitas puncak pada 1034 cm-1 dari serat kacang bleaching ke nanoselulosa. Puncak pada 1738 cm^{-1}, yang merupakan karakteristik dari peregangan C=O dari gugus karboksil, muncul kembali dalam spektrum FTIR TNC jika dibandingkan dengan B-WS karena adanya –COOH pada permukaan selulosa; ini menunjukkan bahwa selulosa berhasil dimodifikasi oleh oksidasi pada proses mechanical treatment.

4.4 Pengaruh Hidrolisis Asam Terhadap Koefisien Absorpsi Suara Komposit Serat Alam

4.4.1 Serat Kacang



Gambar 4.14 Uji Absorbsi Suara (Zhang dkk., 2018)

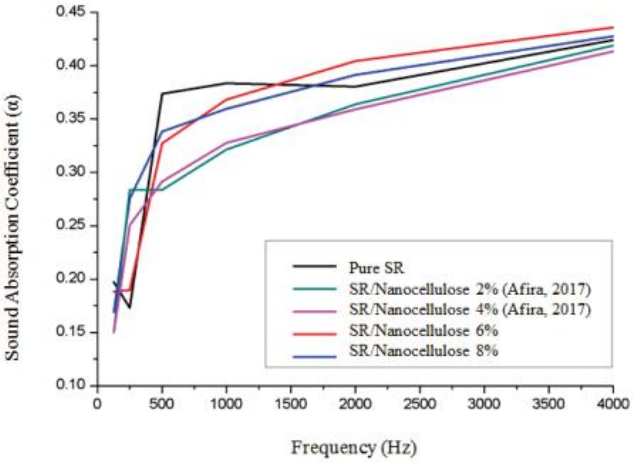
Pada gambar 4.16 ,menunjukkan bahwa kedua jenis bahan inti ini memiliki kemampuan penyerapan suara yang serupa di sepanjang frekuensi pengujian. Nilai koefisien absorbsi suara di bawah 10,000Hz untuk masing-masing bahan adalah 0,4 dan 0,42. Nilai maksimum koefisien absorbsi suara dari dua bahan berpori pada frekuensi 10.000 Hz juga sangat dekat, menjadi 0,85 dan 0,87. Kepadatan dan porositas yang serupa dari kedua bahan ini mengarah pada tren dasarnya yang identik pada perilaku penyerapan suara. Dinding sel balsa terdiri dari bahan polimer, dan peredam visco-inersia dan termal mendominasi perilaku penyerapan suara untuk busa polimer. Pada tahap frekuensi rendah, pertukaran termal didominasi oleh energi listrik, di mana frekuensi tinggi, ketahanan viskositas tetap ada metode konsumsi energi. Hilangnya energi suara terutama disebabkan oleh kontribusi dari mekanisme penyerapan suara berpori dan

mekanisme penyerapan resonansi. Molekul-molekul udara secara berkala bergetar di bawah pengaruh gelombang udara, sementara itu, gesekan antara molekul air dan dinding sel karena panas gesekan. Di sisi lain, kompresi dan pengembangan informasi di dalam sel terjadi; ini mentransfer energi suara parsial menjadi energi panas. Dalam hal balsa, getaran dan gesekan mikrofibril selulosa di dinding sel dan gesekan antarmuka antara sublayers yang berdekatan menyebabkan disipasi energi suara, yang mirip dengan serat rami.

Selain itu, mikropori di dinding sel balsa mengkonsumsi energi bunyi karena geometri dalam yang rumit ini memberikan efek berliku jalur suara melalui busa. Dapat ditemukan bahwa bahan alami memiliki energi akustik yang rumit mekanisme disipasi karena struktur multiskala pertumbuhan alami yang mengungkapkan memuaskan kinerja penyerapan suara.(Zhang, dkk 2018)

Menurut Lee, dkk (2018), semakin tinggi frekuensi yang diber, semakin tinggi nilai koefisian absorbs suara untuk nanoselulosa. Ketika frekuensi dibawah 1000 Hz nilai koefisien absorbi suara sebesar 20%, dan bernilai sekitar 57% pada frekuensi 4000 Hz. Dapat dilihat bahwa nilai absorbs suara pada CNF lebih tinggi dari CRC

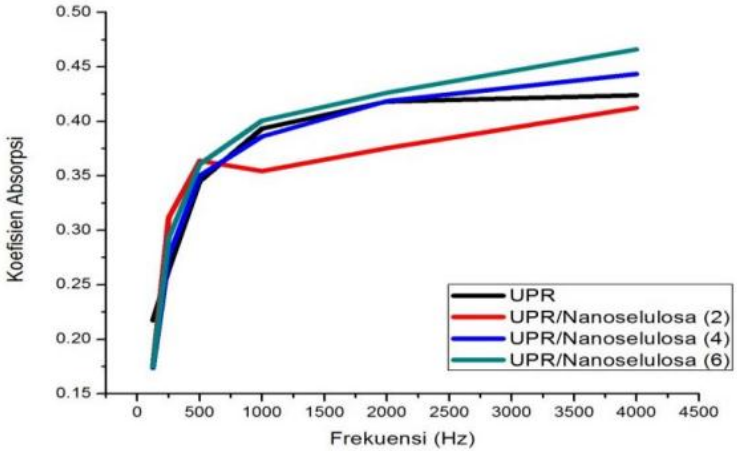
4.4.2 Serat Tandan Kelapa Sawit



Gambar 4.15 Uji Absorbsi Suara (Farid dkk., 2019)

Dalam Gambar 4.17 menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa menyebabkan meningkatnya nilai koefisien absorbsi suara dengan fraksi filler 6% dan menurun dengan 8%. karena morfologi tidak teratur, dan porositas SR / Nanoselulosa berpori 20,666% yang memiliki koefisien absorbsi suara tertinggi disebabkan oleh peningkatan jumlah pori yang terbentuk oleh nanoselulosa. Nilai koefisien absorbsi suara dipengaruhi oleh kerapatan material. Oleh karena itu jumlah keropos mencapai nilai maksimum pada fraksi ini. Nanoselulosa memiliki kemampuan membuat keropos secara merata.

Pada frekuensi mulai dari 500 Hz hingga 4000 Hz, terlihat bahwa nilai koefisien absorbs suara untuk 6% dari komposit SR-nanocellulose menunjukkan biaya berkisar antara 0,33 dan masing-masing 0,42 untuk frekuensi antara 500 hz dan 4000 Hz. Sementara dengan penambahan 8% nanoselulosa, koefisien absorpsi suara diperoleh antara 0,34 dan 0,43. Penambahan nanoselulosa sebesar 2%, tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan penyerapan suara koefisien. (Farid, dkk 2019)



Gambar 4.16 Uji Absorbsi Suara (Farid dkk., 2018)

Menurut Farid, dkk (2018), Penyerapan suara disebabkan oleh disipasi energi akustik menjadi panas. Ketika gelombang suara masuk ke pori-pori bahan, partikel udara di pori-pori bergetar. Partikel-partikel yang bergetar kemudian menggosok dinding pori-pori dan menyebabkan perubahan suhu. Konduksi termal pada material menyebabkan energi akustik berubah menjadi energi termal. Di spesimen UPR murni tanpa tambahan serat tandan kosong kelapa sawit nanoselulosa menunjukkan spesimen ini memiliki kemampuan penyerapan suara dalam berbagai rentang frekuensi. Dalam frekuensi 125 Hz nilai adalah 0,2176, dalam frekuensi 250 Hz nilai meningkat menjadi 0,2642. Namun, dalam frekuensi 500 Hz nilai meningkat secara signifikan 0,2642. Nilai juga meningkat dalam frekuensi 1000 Hz 0,3932. Peningkatan nilai juga terjadi pada frekuensi 2000 Hz 0,4181, kemudian mencapai 0,4241 pada frekuensi 4000 Hz. Dalam komposit UPR / serat tandan kosong kelapa sawit, serat nanoselulosa 2% menunjukkan bahwa spesimen ini memiliki kemampuan penyerapan suara yang lebih baik seiring dengan semakin tingginya frekuensi sumber suara. Di frekuensi 125 Hz nilai adalah 0,176, dalam frekuensi 250 Hz nilai meningkat

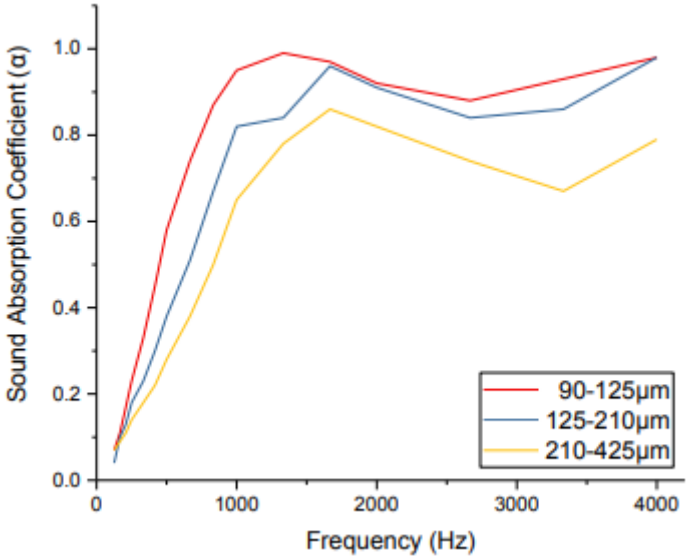
0,3119. nilai juga meningkat di frekuensi 500 Hz menjadi 0,364. Namun dalam frekuensi 1000 Hz menurun menjadi 0,3545. Nilai meningkat lagi di frekuensi 2000 Hz menjadi 0,3758, kemudian mencapai 0,4125 dalam frekuensi 4000 Hz.

Dalam komposit *unsaturated polyester* dengan 4% serat nanoselulosa buah kelapa sawit menunjukkan bahwa spesimen ini memiliki kemampuan penyerapan suara yang lebih baik seiring dengan semakin tinggi frekuensi sumber suara. Dalam frekuensi 125 Hz nilai adalah 0,1738, namun dalam frekuensi 250 Hz nilai meningkat secara signifikan menjadi 0,2759. Dalam frekuensi 500 Hz nilai meningkat lagi menjadi 0,3502. Nilai meningkat pada frekuensi 1000 Hz menjadi 0,3862, kemudian mencapai 0,4186 pada 2000 Hz. Kemudian pada frekuensi 4000 Hz nilainya 0,4434.

Hasil uji spesimen komposit *unsaturated polyester* dengan 6% serat nanoselulosa buah kelapa sawit menunjukkan spesimen ini memiliki kemampuan penyerapan suara sebagus yang sebelumnya. Dalam frekuensi 125 Hz nilai adalah 0,1751 tetapi dalam frekuensi 250 Hz per vaue meningkat hingga 0,2932. Dalam frekuensi 500 Hz nilai meningkat lagi menjadi 0,3608 dan meningkat lagi menjadi 0,4008 dalam frekuensi 1000 Hz. Kemudian pada frekuensi 2000 Hz nilai meningkat menjadi 0,4262 dan mencapai 0,4661 dalam frekuensi 4000 Hz.

Karakteristik kemampuan penyerapan suara dari empat spesimen menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi umumnya lebih baik nilainya, yang menunjukkan bahwa bahan-bahan itu berpori penyerap. Namun ketika mereka mencapai frekuensi 500 Hz di atas, mereka adalah penyerap pita lebar karena mereka memiliki penyerapan energi yang baik kinerja oleh bahan besar untuk semua area frekuensi, dengan rentang frekuensi yang luas. Dalam frekuensi rendah, Menambah serat 6% ke UPR, itu memiliki koefisien tertinggi. Seiring meningkatnya frekuensi, UPR dengan menambahkan 6% itu memiliki koefisien tertinggi. Jadi dapat disimpulkan bahwa

komposit UPR / kelapa sawit serat serabut buah kosong di Indonesia menambahkan serat 6% memiliki nilai paling optimal.

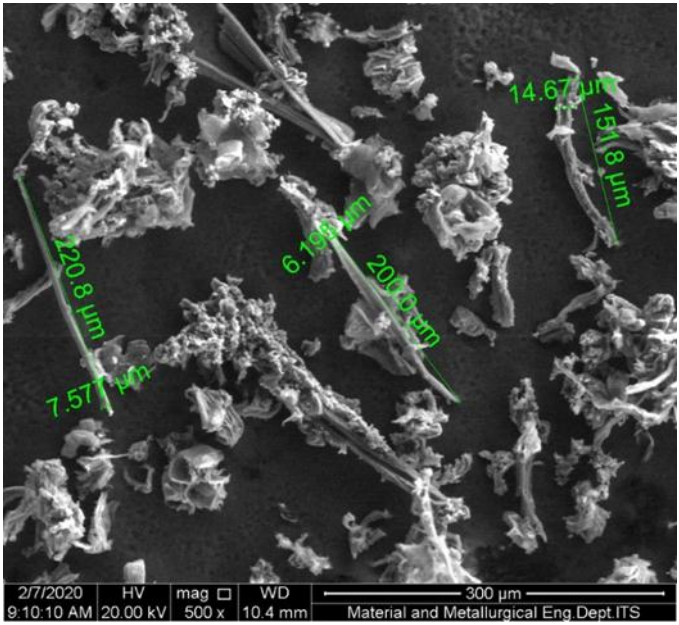


Gambar 4.17 Hasil Uji Koefisien Absorbsi Suara berdasarkan diameter serat (Yahya, 2017)

Gambar 4.19 menunjukkan koefisien penyerapan suara serat bambu sesuai dengan diameter serat itu sendiri, masing-masing 90-125 μm, 125-210 μm, dan 210-425 μm. Untuk kasus variasi dalam hal diameter serat, ketika diameter serat bambu berkurang, koefisien penyerapan suara sampel meningkat. Ini disebabkan karena ketika diameter serat bambu berkurang, porositas sampel meningkat. Semakin besar porositas sampel, semakin besar nilai koefisien penyerapan suara untuk sampel. Ketika gelombang suara menghantam penyerap suara berpori, gelombang suara akan terperangkap di dalam struktur dan memantulkan secara internal, menyebabkan hilangnya energi dan dengan demikian, menyerap suara. Namun, ketika gelombang

suara menghantam bahan yang kurang berpori, gelombang suara pada akhirnya akan dipantulkan kembali dan dengan demikian, mengurangi kemampuan untuk menyerap suara

4.5 Hasil Penelitian Penulis dan Tim



Gambar 4.18 Hasil Uji SEM Serat Bambu Petung (Dokumentasi Tim)

SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi dari specimen nanoselulosa bambu betung. Dari hasil pengujian SEM yang terlampirkan pada Gambar 4.9, didapatkan ukuran terkecil sebesar 6.195µm. Serat Bambu betung telah melalui proses alkalisasi, bleaching, dan hidrolisis asam yang bertujuan untuk mendapatkan nanoselulosa bambu Petung

4.6 Kritik

Dari beberapa jurnal yang telah di*review*, ternyata masih ditemukan beberapa kekurangan berupa data maupun pembahasan yang tidak dicantumkan dan dijelaskan secara rinci oleh peneliti. Hal ini tentu saja menyebabkan para pembaca kesulitan dalam melakukan proses *review* jurnal atau sebagai pedoman referensi untuk melakukan proses penelitian.

Berdasarkan jurnal-jurnal tersebut, secara keseluruhan sudah mencantumkan hasil pengujian SEM, dan FTIR. Namun, untuk pengujian Koefisien Absorbsi Suara belum semuanya dicantumkan. Ada yang memang sudah menjelaskan hasil karakterisasinya namun tidak mencantumkan hasil kurvanya, dan ada juga yang sudah mencantmkan hasil kurva namun penjelasannya tidak begitu lengkap. Ada pula yang tidak mencantumkan kedua-duanya baik kurva hasil pengujian maupun pembahasannya. Adapun untuk lebih jelasnya, hasil kritisasi jurnal berupa kelengkapan data telah dirangkum dalam Tabel 4.1 seperti di bawah ini.

Tabel 4.1 Kelengkapan Kurva Hasil Pengujian

Serat Alam	SEM	FTIR	Absorbsi Suara	Referensi
Kapas	√	√		Theivasanthi, dkk (2017)
	√	√		Sofla, dkk (2016)
Tebu		√		Wulandari, dkk (2016)
		√		Wulandari, dkk (2016)
Kelapa sawit	√	√	√	Farid, dkk (2018)
	√	√	√	Farid, dkk (2019)
Eceng gondok		√		Asrofi, dkk (2017)
Padi	√	√		Huntley, dkk (2015)

Kacang	√	√	Zheng, dkk (2019)
Tongkol jagung	√	√	Kunusa, dkk (2018)
Silvergrass	√	√	Barbash, dkk (2019)
Silvergrass	√	√	Barbash, dkk (2019)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil review jurnal yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Hidrolisis asam serat selulosa dengan larutan asam sulfat dengan konsentrasi berbeda menghasilkan nanoselulosa dengan kualitas berbeda. Setelah proses hidolisis asam, morfologi serat menunjukkan bentuk serat berbentuk lonjong seperti jarum, yang menunjukkan bahwa lignin dan hemiselulosa telah dihilangkan. Serat Nanoselulosa dengan diameter terkecil yaitu 20-30nm dan panjang serat yang berukuran 160-400 nm didapatkan oleh proses hidrolisis asam dengan kadar H_2SO_4 65%, temperatur 45^oC dengan waktu proses selama 1 jam
2. Proses hidrolisis asam dapat meningkatkan koefisien absorbsi suara karena dapat mengecilkan diameter serat. Penambahan nanoselulosa pada matriks dapat meningkatkan nilai koefisien absorbsi suara dari nilai 0,4181 menjadi 0,4262 pada frekuensi 2000 Hz dengan konsentrasi H_2SO_4 65%, temperatur 45^oC dengan waktu proses selama 1 jam

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil review jurnal ini, adalah:

1. Penulis selanjutnya memperbanyak data dari berbagai jurnal sehingga mempermudah dalam proses penyusunan pada pembahasan dan kesimpulan
2. Mengkaji lebih banyak sumber maupun referensi terkait pengaruh proses hidrolisis asam terhadap koefisien absorbsi suara material
3. Variabel terbaik yang didapatkan adalah dengan range konsentrasi H_2SO_4 60-65%, temperatur 40-45^oC dengan waktu proses selama 40 menit-1 jam

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR PUSTAKA

Amares, S., Sujatmika, E., Hong, T. W., Durairaj, R., & Hamid, H. S. H. B. (2017, October). "A review: characteristics of noise absorption material". In **Journal of Physics: Conference Series** (Vol. 908, No. 1, pp. 1-9).

Barbash, V. A., Yashchenko, O. V., & Vasylieva, O. A. (2019). "Preparation and Properties of Nanocellulose from Miscanthus x giganteus." **Journal of Nanomaterials, 2019**.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2011). "Materials science and engineering" (Vol. 5, pp. 344-348). **Book.** NY: John wiley & sons.

Connelly, N. G. (2001). "Nomenclature of inorganic chemistry II: recommendations 2000." **Book.** T. Renner (Ed.). Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.

Dixit, S., Goel, R., Dubey, A., Shivhare, P. R., & Bhalavi, T. (2017). "Natural fibre reinforced polymer composite materials-a review." **Polymers from renewable resources**, 8(2), 71-78.

Farid, M., Purniawan, A., Susanti, D., Priyono, S., Ardhyananta, H., & Rahmasita, M. E. (2018, April). "Nanocellulose based polymer composite for acoustical materials." In **AIP Conference Proceedings** (Vol. 1945, No. 1, p. 020025). AIP Publishing LLC.

Farid, M., Purniawan, A., Susanti, D., Rasyida, A., Yulianto, H., & Ramadani, M. (2019). "Effect of Nanocellulose on Acoustical and Thermal Insulation Properties of Silicone Rubber Composite." In **Materials Science Forum** (Vol. 964, pp. 156-160). Trans Tech Publications Ltd.

Farid, M., Purniawan, A., Susanti, D., Pratiwi, V. M., & Yoessa, M. I. "High sound absorption of polyester composites/fiber hemp/nanocellulose for automotive interior materials."

Huntley, C. J., Crews, K. D., Abdalla, M. A., Russell, A. E., & Curry, M. L. (2015). "Influence of strong acid hydrolysis processing on the thermal stability and crystallinity of cellulose isolated from wheat straw." **International Journal of Chemical Engineering, 2015.**

Kim, J. H., Shim, B. S., Kim, H. S., Lee, Y. J., Min, S. K., Jang, D., ... & Kim, J. (2015). "Review of nanocellulose for sustainable future materials." **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, 2(2), 197-213.

Kunusa, W. R., Isa, I., Laliyo, L. A., & Iyabu, H. (2018). "FTIR, XRD and SEM analysis of microcrystalline cellulose (MCC) fibers from corncorbs in alkaline treatment,". In **Journal of Physics: Conference Series** (Vol. 1028, No. 1, p. 012199).

Lavanya, D. K. P. K., Kulkarni, P. K., Dixit, M., Raavi, P. K., & Krishna, L. N. V. (2011). "Sources of cellulose and their applications—a review." **International Journal of Drug Formulation and Research**, 2(6), 19-38.

Lee, K. Y. (Ed.). (2018). "Nanocellulose and sustainability: production, properties, applications, and case studies." **Book.** CRC Press.

Leng, Y. (2009). "Materials characterization: introduction to microscopic and spectroscopic methods." **Book.** John Wiley & Sons.

Mochane, M. J., Mokhena, T. C., Mokhothu, T. H., Mtibe, A., Sadiku, E. R., & Ray, S. S. (2018). "The importance of nanostructured materials for energy storage/conversion. In Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications". **Book.** (pp. 768-792). Elsevier.

Mochane, M. J., Mokhena, T. C., Mokhothu, T. H., Mtibe, A., Sadiku, E. R., Ray, S. S., ... & Daramola, O. O. (2019). "Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications: A review." **Book.**

Miracle, D. B., & Donaldson, S. L. (2001). "Introduction to composites." **Book**. ASM handbook, 21, 3-17.

Morais, J. P. S., de Freitas Rosa, M., Nascimento, L. D., do Nascimento, D. M., & Cassales, A. R. (2013). "Extraction and characterization of nanocellulose structures from raw cotton linter." **Carbohydrate polymers**, 91(1), 229-235.

Pan, M., Zhou, X., & Chen, M. (2013). "Cellulose nanowhiskers isolation and properties from acid hydrolysis combined with high pressure homogenization." **BioResources**, 8(1), 933-943.

Panaitescu, D. M., Vizireanu, S., Nicolae, C. A., Frone, A. N., Casarica, A., Carpen, L. G., & Dinescu, G. (2018). "Treatment of nanocellulose by submerged liquid plasma for surface functionalization". **Nanomaterials**, 8(7), 467.

Purboputro, P. I., & Hariyanto, A. (2017). "ANALISIS SIFAT TARIK DAN IMPAK KOMPOSIT SERAT RAMI DENGAN PERLAKUAN ALKALI DALAM WAKTU 2, 4, 6 DAN 8 JAM BERMATRIK POLIESTER". **Media Mesin: Majalah Teknik Mesin**, 18(2).

Shak, K. P. Y., Pang, Y. L., & Mah, S. K. (2018). "Nanocellulose: Recent advances and its prospects in environmental remediation". **Beilstein Journal of Nanotechnology**, 9(1), 2479-2498.

Sofla, M. R. K., Brown, R. J., Tsuzuki, T., & Rainey, T. J. (2016). "A comparison of cellulose nanocrystals and cellulose nanofibres extracted from bagasse using acid and ball milling methods". **Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology**, 7(3), 035004.

Srinivas, K., Naidu, A. L., & Raju Bahubalendruni, M. V. A. (2017). "A Review on Chemical and Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites". **International Journal of Performability Engineering**, 13(2).

Theivasanthi, T., Christma, F. A., Toyin, A. J., Gopinath, S. C., & Ravichandran, R. (2018). "Synthesis and characterization

of cotton fiber-based nanocellulose". **International journal of biological macromolecules**, 109, 832-836.

Tomar, R. S. (2010). "Handbook of Worsted Wool and Blended Suiting Process". **Book**. WPI Publishing.

Vorländer, M. (2007). "Auralization: fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality". **Book**. Springer Science & Business Media.

Westman, M. P., Fifield, L. S., Simmons, K. L., Laddha, S., & Kafentzis, T. A. (2010). "Natural fiber composites: a review" **Book.** (No. PNNL-19220). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).

Wulandari, W. T., Rochliadi, A., & Arcana, I. M. (2016, February). "Nanocellulose prepared by acid hydrolysis of isolated cellulose from sugarcane bagasse". **In IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng** (Vol. 107, No. 1, p. 12045).

Zhang, J., Luo, N., Wan, J., Xia, G., Yu, J., He, J., & Zhang, J. (2017). "Directly converting agricultural straw into all-biomass nanocomposite films reinforced with additional in situ-retained cellulose nanocrystals." **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, 5(6), 5127-5133.

Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). “Sound absorption characterization of natural materials and sandwich structure composites”. **Aerospace**, 5(3), 75.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai penutup penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menjadi sumber perlindungan dan kekuatan bagi penyusun dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
2. Mama, Papa, Laras dan Dhimas yang senantiasa mendukung dengan doa, semangat, serta bantuan finansial.
3. Bapak Ir. Moh Farid, DEA dan Bapak Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas bimbingannya selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Fakhreza Abdul, S.T., M.T.sebagai dosen wali.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Material dan Metalurgi yang telah membantu dan memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Oska Tigana sebagai *partner* tugas akhir penulis yang sudah membantu dan memberi semangat selama mengerjakan Tugas Akhir.
7. Nurul Qomariyah Apriliani yang senantiasa mendoakan, dan memberi *support* dalam segala bentuk dan keadaan
8. Teman-teman Material Inovatif (Komposit Kayu); Anggi, Yuli, Marco, Nurul, Daniel, Farros, dan Oska yang telah membantu, menghibur, dan memberi semangat selama mengerjakan Tugas Akhir.
9. Fadhel, Erlangga, Aden, Oska, Fadhil, Otnil, Akram selaku teman kost yang selalu menamani dan menghibur.
10. Teman-teman Kita-Kita; Arman, Acis, Galih, Yoga, Adit, Lano, Gassa, Nanda, yang selalu menghibur dan senantiasa menunggu selama perkuliahan ini

11. Teman-Teman Kondangan; Adira, Hanif, Febri, Iqbal, Grady, Wildan, Hafizh, Bella, Dhifa, Echa, Tami, Hesti, dan Tiara yang selalu mendukung dan mendoakan.
12. Teman-Teman JKTNG; Aden, Yoga. Bagas, Bagas Dwi, Erlangga, Fadhel, Ghalib, Ghilman, Nail, Oska, Rafdi. Rafli, dan Raihan yang selalu menemani pada masa perkuliahan
13. Seluruh teman angkatan MT18 yang menghiasi lika-liku perkuliahan penulis.
14. Teman-Teman BPH, Koordinator, dan Staff Silver Parade VI yang membantu mewarnai masa perkuliahan
15. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dan membantu kelancaran proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Jakarta, 17 Oktober 1998 dengan orang tua bernama Hariyo Dwipanggo Pangarso, dan Harlina Muldiasari. Penulis memiliki satu adik laki-laki, dan satu adik perempuan. Hobi penulis adalah bermain musik dan sepak bola. Penulis menuntut ilmu di SD Bakti Mulia 400(2004-2010), SMPN 19 JAKARTA (2010-2013), SMAN 70 JAKARTA (2013-2016) dan Perguruan Tinggi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) tahun (2016-2020). Selama perkuliahan penulis aktif sebagai Staff Departemen Hubungan Luar HMMT FTI-ITS 2017/2018 (2017-2018), Staff Ahli Unit Kerja Khusus HMMT FTI ITS 2018/2019 (2018-2019), dan Project Officer Silver Parade VI (2019). Pengalaman kerja praktik yang pernah dilakukan penulis yaitu di PT. Astra Honda Motor pada divisi *Casting*. Saat ini penulis tinggal di Bintaro, Jalan Discovery Aluvia, Discovery Aluvia Blok B 11, Tangerang Selatan, Banten. Penulis dapat dihubungi melalui *email* satryodipo17@gmail.com atau nomor *handphone* 081932276001.