

TUGAS AKHIR – TL184834

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE (MAPP)* TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ABSORPSI SUARA PADA KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* DENGAN *FILLER* NANOSELULOSA

YUSLAM ALFARIZ
NRP. 0251184000056

Dosen Pembimbing
Haniffudin Nurdiansah, S.T.,M.T.
NIP. 199007262015041002
Ir. Moh. Farid, DEA
NIP. 195709241986031002

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022



TUGAS AKHIR – TL184834

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE (MAPP)* TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ABSORPSI SUARA PADA KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* DENGAN *FILLER* NANOSELULOSA

YUSLAM ALFARIZ
NRP. 0251184000056

Dosen Pembimbing
Haniffudin Nurdiansah, S.T.,M.T.
NIP. 199007262015041002
Ir. Moh. Farid, DEA
NIP. 195709241986031002

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL184834

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE (MAPP) ON MORPHOLOGY, MECHANICAL PROPERTIES AND SOUND ABSORPTION PROPERTIES IN POLYPROPYLENE COMPOSITES WITH NANOCELLULOSE FILLERS

YUSLAM ALFARIZ
NRP. 02511840000056

Advisor
Haniffudin Nurdiansah, S.T.,M.T.
NIP. 199007262015041002
Ir. Moh. Farid, DEA
NIP. 195709241986031002

Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(This page is intentionally left blank)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE* (MAPP) TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ABSORPSI SUARA PADA KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* DENGAN *FILLER* NANOSELULOSA

TUGAS AKHIR

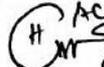
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

YUSLAM ALFARIZ
NRP. 0251184000056

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T.

 Pembimbing

2. Ir. Moh. Farid, DEA.

 Ko-Pembimbing

3. Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.

 Penguji

4. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.

 Penguji



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE (MAPP) ON MORPHOLOGY, MECHANICAL PROPERTIES AND SOUND ABSORPTION PROPERTIES IN POLYPROPYLENE COMPOSITES WITH NANOCELLULOSE FILLERS

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of bachelor of engineering at
Undergraduate Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By :
YUSLAM ALFARIZ
NRP. 0251184000056

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T.  AC
Advisor
2. Ir. Moh. Farid, DEA.  Co-Advisor
3. Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si.  Examiner
4. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.  Examiner



(This page is intentionally left blank)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Yuslam Alfariz/02511840000056
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi ITS
Dosen Pembimbing/NIP : Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T./199007262015041002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE* (MAPP) TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ABSORPSI SUARA PADA KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* DENGAN *FILLER* NANOSELULOSA" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

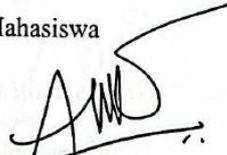
Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T.)
NIP. 199007262015041002

Surabaya, 12 Juli 2022

Mahasiswa



(Yuslam Alfariz)
NRP. 02511840000056

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : Yuslam Alfariz/02511840000056
Departement : Materials and Metallurgical Engineering ITS
Advisor/NIP : Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T./199007262015041002

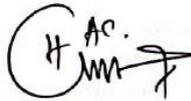
Hereby declare that the Final Project with the title of "ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE (MAPP) ON MORPHOLOGY, MECHANICAL PROPERTIES AND SOUND ABSORPTION PROPERTIES IN POLYPROPYLENE COMPOSITES WITH NANOCELLULOSE FILLERS" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing..

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 12th 2022

Acknowledged
Advisor

Student



(Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T.)
NIP. 199007262015041002



(Yuslam Alfariz)
NRP. 02511840000056

Advisor/NIP : Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T./199007262015041002

(This page is intentionally left blank)

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE
(MAPP) TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ABSORPSI
SUARA PADA KOMPOSIT POLYPROPYLENE DENGAN FILLER
NANOSELULOSA**

Nama Mahasiswa/NRP : Yuslam Alfariz/0251184000056
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing I : Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : Ir. Moh. Farid, DEA

Abstrak

Komposit berbahan polimer (polypropylene) dan serat organik (nanoselulosa) memiliki kelemahan dalam kekuatan ikatan. Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan menambahkan coupling agent. Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP) merupakan coupling agent untuk meningkatkan ikatan antara matriks dan filler pada komposit berbasis matriks polypropylene. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan MAPP terhadap morfologi, sifat mekanik dan sifat absorpsi suara. Fraksi massa MAPP yang digunakan sebesar 2%wt, 4%wt, dan 6%wt, sementara fraksi massa nanoselulosa yang digunakan sebesar 6%wt. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian mikroskop digital, pengujian Flame Retardant, pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR), pengujian sifat fisik densitas, pengujian kekuatan tekan material dan pengujian absorpsi suara (α). Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Nanoselulosa dan penambahan MAPP memiliki nilai Absorpsi Suara dengan 4%MAPP sebesar 0,13-0,10. Hasil uji Flame Retardant menunjukkan ketahanan bakar PP murni dapat meningkat setelah diberikan penambahan MAPP. Hasil uji FTIR menunjukkan perubahan pada wavenumber 1000 cm^{-1} dan 3000 cm^{-1} ketika ditambahkan MAPP, berdasarkan rentang tersebut yang terdapat ikatan ester dan ikatan OH. Hasil uji Hardness menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya % MAPP dan nanoselulosa maka menurunkan nilai Hardness suatu material. Hasil uji densitas sampel meningkat seiring dengan %MAPP yang digunakan, densitas tertinggi dimiliki oleh sampel 6%MAPP sebesar $0,943 \pm 0,015\text{ gr/cm}^3$.

Kata Kunci: MAPP, Nanoselulosa, Polypropylene, Sifat Mekanik, Absorpsi Suara

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MALEIC ANHYDRIDE
POLYPROPYLENE (MAPP) ON MORPHOLOGY, MECHANICAL PROPERTIES
AND SOUND ABSORPTION PROPERTIES IN POLYPROPYLENE COMPOSITES
WITH NANOCELLULOSE FILLERS**

Student Name/NRP : Yuslam Alfariz/0251184000056
Department : Material and Metallurgical Engineering
Advisor : Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
Co-Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA

Abstract

Composites are made from polymers (polypropylene) and organic fibers (nanocellulose) have weaknesses in bond strength. One way to overcome this weakness is to add a coupling agent. Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP) is a coupling agent to increase the bond between matrix and filler in composites based on polypropylene matrix. Thus, this study aimed to analyze the effect of adding MAPP on morphology, mechanical properties and sound absorption properties. The MAPP mass fraction used was 2%wt, 4%wt, and 6%wt, while the mass fraction of nanocellulose used was 6%wt. The tests carried out were digital microscope testing, Flame Retardant testing, sound absorption testing (α), Fourier Transform Infrared (FTIR) structure testing, density physical properties testing, and material compressed testing. The results showed that nanocellulose with MAPP addition had the lowest sound absorption value with 4% MAPP of 0.13-0.10. The results of the Flame Retardant test show that the fire resistance of pure PP can increase after being given the addition of % MAPP. The FTIR test results show a wavenumber of 3000 cm^{-1} and 1000 cm^{-1} where MAPP added which no ester bond and OH bond. Hardness test results show that the amount with the addition of % MAPP and nanocellulose can reduce the Hardness value of a material and addition of MAPP. The result density of the sample increased along with the %MAPP used, where the highest density is owned by the 6% MAPP sample by $0.943 \pm 0.015 \text{ gr/cm}^3$.

Keywords: MAPP, Nanocellulose, Polypropylene, Mechanical Properties, Sound Absorption

(This page is intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat yang senantiasa dilimpahkan oleh Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP) Terhadap Morfologi, Sifat Mekanik Dan Sifat Absorpsi Suara Pada Komposit *Polypropylene* Dengan *Filler* Nanoselulosa ”.

Selanjutnya, laporan ini tidak akan selesai dengan baik dan tepat waktu tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menghaturkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, antara lain :

1. Bapak Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah sabar dalam membimbing dan memberikan banyak ilmu pengetahuan serta masukan.
2. Bapak Ir Moh Farid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar dalam membimbing, serta memberikan banyak masukan sekaligus arahan kepada penulis dalam proses menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Bapak Wikan Jatimurti ST., M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi dan juga arahan kepada penulis.
4. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
5. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST., M.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS – ITS.
6. Kedua Orang Tua dari penulis yang telah membimbing dan memberi semangat penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh dosen, staff, dan karyawan tenaga pendidikan Departemen Teknik Material dan Metalurgi yang telah membantu dan memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis hingga laporan ini dapat tercipta.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS Surabaya.
9. Seluruh pihak yang belum dapat dituliskan satu per satu oleh penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka pada saran dan kritik terkait penulisan ini. Penulis berharap bahwa laporan Tugas Akhir ini akan dapat bermanfaat bagi banyak orang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Abstrak	xiii
Abstract	xv
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Material Komposit	3
2.2 Klasifikasi Komposit	3
2.3 Nanoselulosa	4
2.4 <i>Polypropylene</i>	5
2.5 <i>Maleic Anhydride Polypropylene</i> (MAPP)	7
2.6 Koefisien Absorpsi Suara	8
2.7 Material Akustik	9
2.8 Bahan Penguat (<i>Reinforcement</i>)	7
2.9 Matriks	8
2.10 Sifat Mekanik	10
2.11 Hukum Pencampuran	7
2.12 Penelitian Terdahulu	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alir	15
3.2 Metode Penelitian	16
3.2.2 Pengolahan Matriks	16
3.2.3 Pembuatan Spesimen Uji Komposit	16
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian	17
3.3.1 Bahan Penelitian	17
3.3.2 Peralatan Penelitian	18
3.4 Pengujian Yang Dilakukan	20
3.4.1 Pengujian Mikroskop Digital	20
3.4.2 Uji FTIR	21
3.4.3 Pengujian Densitas	22
3.4.4 Pengujian <i>Hardness</i>	22
3.4.5 Pengujian Tahan Bakar (<i>Flame Retardant</i>)	22
3.4.6 Uji Absorpsi Suara	23
3.5 Rancangan Penelitian	24
3.6 Jadwal Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisis Absorpsi Suara	25
4.2 Analisis Pengujian Ketahanan Bakar	27
4.3 Analisis Pengujian Fotomikrografi	28

4.4 Analisis Pengujian FTIR.....	30
4.5 Analisis Pengujian <i>Hardness</i>	31
4.6 Analisis Pengujian Densitas.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	39
UCAPAN TERIMA KASIH	53
BIODATA PENULIS.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 Struktur Kimia <i>Polypropylene</i>	6
Gambar 2. 3 Struktur Ikatan Kimia <i>Atactic, Isotactic, dan Syndiotactic</i>	6
Gambar 2. 4 SEM Komposit UPR/Nanoselulosa (a) 0% nanoselulosa, (b) 2% nanoselulosa, (c) 4% nanoselulosa, dan (d) 6% nanoselulosa.....	11
Gambar 2. 5 Hasil SEM dari komposit SiR/Nanoselulosa (a). 0% (b). 6% (c). 8%.....	12
Gambar 2. 6 Hubungan IFSS serat Jute dan Hemp dengan MAPP-PP dengan variasi MAPP yang berbeda.....	12
Gambar 2. 7 SEM UPR/Nanocellulose composite (a) 0% nanocellulose, (b) 2% nanocellulose, (c) 4% nanocellulose, dan (d) 6% nanocellulose.....	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3. 2 Cetakan Spesimen.....	16
Gambar 3. 3 Proses Pemanasan Xylene.....	16
Gambar 3. 4 Proses Pengadukan Spesimen	17
Gambar 3. 5 Nanoselulosa	17
Gambar 3. 6 Xylene	18
Gambar 3. 7 Timbangan Digital	18
Gambar 3. 8 Alat Uji Mikroskop Digital	19
Gambar 3. 9 Alat Uji FTIR	19
Gambar 3. 10 <i>Aluminium Foil</i>	19
Gambar 3. 11 Alat Uji Hardness	20
Gambar 3. 12 Alat Uji Absorpsi Suara	20
Gambar 3. 13 Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara	20
Gambar 3. 14 Skema Alat FTIR	21
Gambar 3. 15 Skema Uji FTIR	22
Gambar 3. 16 Rangkaian Pengujian Tahan Bakar	23
Gambar 3. 17 Spesimen Uji Absorpsi Suara	23
Gambar 4. 1 Grafik koefisien absorpsi suara.....	25
Gambar 4. 2 grafik pembakaran pada PP murni	27
Gambar 4. 3 Pengujian Digital Microscope pada sampel (a) PP6%Nanoselulosa, (b)PP6%Nanoselulosa/2%MAPP, (c) PP6%Nanoselulosa/4%MAPP, (d) PP6%Nanoselulosa/6%MAPP Perbesaran 150x	28
Gambar 4. 4 Grafik Porositas pada Sampel Komposit Polypropylene/6%Nanoselulosa .	29
Gambar 4. 5 Grafik hasil uji FTIR.....	30
Gambar 4. 6 Grafik Shore vs persentase penambahan MAPP.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanik nanoselulosa.....	5
Tabel 2.2 Sifat Mekanik <i>Polypropylene</i>	6
Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Koefisien Absorpsi Suara.....	9
Tabel 2.5 Tabel Penelitian Terdahulu	13
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu Berdasarkan Jurnal.....	14
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	24
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	24
Tabel 4.1 Nilai Koefisien Absorpsi Suara.....	26
Tabel 4. 2 Jarak terbakar pada PP murni pada waktu t detik	27
Tabel 4. 3 Tabulasi Porositas Sampel	29
Tabel 4. 4 Bilangan gelombang dan jenis ikatan.....	31
Tabel 4. 5 Hasil Analisis pengujian hardness.....	31
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian densitas.....	32
Tabel 4.7 Tabulasi Karakteristik Material Absorpsi Suara.....	33

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (Erlangga, 2006). Indeks polusi kebisingan (INP) adalah sebuah penunjuk pengukur kebisingan yang telah memasuki tahap polusi yang umumnya muncul di jalan raya. Indeks polusi kebisingan yang bisa diterima adalah maksimal 74 dB.

Sound absorption dapat didefinisikan sebagai ukuran jumlah energi yang dilepaskan dari gelombang suara saat gelombang tersebut melewati ketebalan material tertentu, pada saat gelombang suara merambat dari udara ke bahan penyerap, gelombang suara akan mengalami refleksi atau penyerapan yang menyebabkan kehilangan energi dan mengalami efek peredaman. *Sound absorption* merupakan hal yang sangat penting dalam proses peredaman suara (Shrivastava, 2018). Kemampuan sebuah material untuk dapat menyerap suara dapat diukur dan ditentukan dengan nama *Sound absorbing coefficient* (SAC) atau *Noise reduction class* (NRC).

Pada material penyerap suara, pada umumnya material tersebut berpori (*porous*) atau berserat (*fibrous*) (Rujigrok, 1993). 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, namun yang paling banyak digunakan adalah material dengan bahan berpori (Erlangga, 2006).

Di sisi lain, penggunaan komposit dengan serat alam telah banyak diteliti dan dipelajari sebagai bahan aplikasi dan pengembangan yang ramah lingkungan mengingat kesadaran lingkungan di seluruh dunia sedang meningkat. Komposit dengan serat alam mempunyai beberapa kelebihan seperti ramah lingkungan, emisi CO₂ yang rendah, *renewability*, dan *biodegradability*. Namun, kekurangan utama dari komposit adalah tingkat kompatibilitas yang rendah antara sifat hidrofilik dari serat alam yang digunakan sebagai *filler* dan sifat hidrofobik dari matriks polimernya. Kompatibilitas dan kekuatan adhesi antar permukaan yang rendah akan menyebabkan sifat-sifat mekanik dari komposit menurun. Maka dari itu studi tentang cara-cara untuk menambahkan sifat adhesi pada *interfacial surface* telah dilakukan di beberapa tahun ini, cara paling umum yang digunakan adalah dengan menambahkan *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP). MAPP adalah sebuah *coupling agent* yang digunakan pada proses fabrikasi komposit. Penggunaan *coupling agent* dapat meningkatkan kecocokan dari kedua material tersebut dengan cara meningkatkan karakteristik difusivitas pada setiap komponen, selain itu *maleic* dapat meningkatkan sifat mekanik suatu komposit (Morozov dan Valsiliev, 2001).

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dibuat komposit *polypropylene* berpenguat serat nanoselulosa dan menambahkan material *maleic anhydride polypropylene* dengan harapan dapat memberikan kecocokan dari kedua material tersebut sehingga mendapatkan sifat absorpsi suara dan sifat mekanik dari komposit. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* 2% wt, 4% wt, 6% wt dan nanoselulosa terhadap sifat mekanik dan koefisien absorpsi suara.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap morfologi komposit *polypropylene*/nanoselulosa?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat mekanik komposit *polypropylene*/nanoselulosa?

3. Bagaimana pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat absorpsi suara komposit *polypropylene/nanoselulosa*?
4. Bagaimana pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat tahan bakar komposit *polypropylene/nanoselulosa*?

1.3 Batasan Masalah

Supaya diperoleh hasil akhir yang baik serta tidak menyimpang dari permasalahan, maka batasan masalah pada pembahasan ini adalah sebagai berikut:

1. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
2. Distribusi filler dianggap merata.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan adanya rumusan masalah di atas, maka dapat ditarik tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap morfologi komposit *polypropylene/nanoselulosa*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat mekanik komposit *polypropylene/nanoselulosa*.
3. Menganalisis pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat absorpsi suara komposit *polypropylene/nanoselulosa*.
4. Menganalisis pengaruh penambahan *maleic anhydride polypropylene* terhadap sifat tahan bakar komposit *polypropylene/nanoselulosa*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menciptakan produk material komposit baru dengan menggunakan *Polypropylene* yang berpenguat *Maleic Anhydride Polypropylene* dan nanoselulosa sebagai material absorpsi suara.
2. Memberikan pengetahuan mengenai morfologi, sifat mekanik dan sifat absorpsi suara komposit *Polypropylene* berpenguat *Maleic Anhydride Polypropylene* dan nanoselulosa.
3. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa mendatang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Komposit

Komposit adalah material yang dibentuk dari campuran dua atau lebih material baku dengan tujuan untuk mendapatkan mechanical properties atau sifat mekanis yang lebih baik dan lebih bernilai. Selain pengertian diatas ada juga pengertian material komposit lain yaitu, kombinasi makroskopi yang terdiri dari dua atau lebih material yang berbeda dengan memiliki ikatan antar kedua material tersebut. Material komposit ini memiliki banyak kegunaan seperti listrik, termal, tribologi, dan banyak aplikasi dilingkungan lainnya. Sifat struktural material komposit lebih unggul dibandingkan dari sifat struktural bahan utamanya sendiri. Tujuan dari komposit adalah untuk memungkinkan material baru menggabungkan kekuatan keduanya, seringkali menutupi kelemahan dari material aslinya. Perbedaan anatara material komposit dan paduannya adalah kombinasi keduanya tidak memungkinkan untuk membedakan satu partikel, elemen, atau zat dari yang lain (Kim.H.S,dkk, 2007).

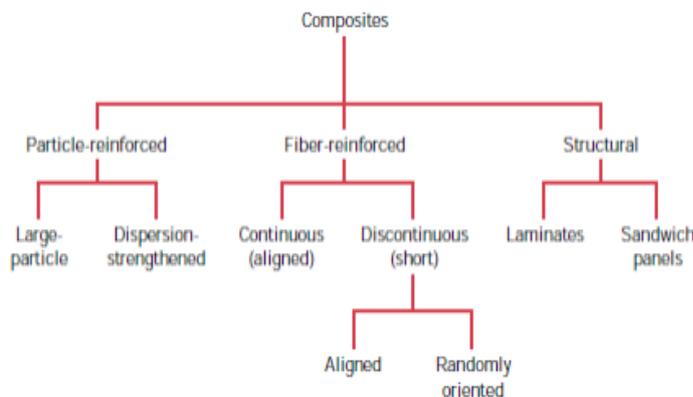
Sifat-sifat dari material komposit dapat ditentukan oleh tiga faktor (Callister, 1981), yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memiliki peranan penting terhadap pengaruh sifat komposit.
2. Susunan struktural komponen. Bentuk, orientasi, dan ukuran setiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting dalam memberikan kontribusi pada penampilan komposit secara keseluruhan.
3. Interaksi antar komponen. Bahan dan bentuk dari setiap campuran atau kombinasi antar komponen penyusunnya yang berbeda, maka sifat dari kombinasi tersebut yang diperoleh akan berbeda.

2.2. Klasifikasi Komposit

Pada dasarnya, skema klasifikasi komposit adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar

2.1



Gambar 2. 1 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matriksnya (Callister, 1981)

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga (Mørkholt,dkk, 2011) yaitu:

1. *Ceramic Matrix Composites* (CMC)
Bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida atau boron nitride.
2. *Metal Matrix Composites* (MMC)

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

3. *Polymer Matrix Composites (PMC)*

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

Dilihat dari jenis penguatnya, komposit terdiri dari tiga jenis, yaitu:

1. Komposit partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang memiliki bahan penguat dalam bentuk partikel atau serbuk. Karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matriks, maka partikel adalah sebagai bahan penguat dan untuk ukuran, bentuk, dan material partikel merupakan faktor-faktor yang dapat membuat pengaruh pada sifat mekanik dari komposit partikel.

2. Komposit serat (*Fibrous Composite Material*)

Komposit serat adalah komposit yang memiliki matriks (bahan dasar) yang diproduksi secara fabrikasi, seperti serat yang ditambahkan resin untuk bahan perekatnya. Komposit ini hanya memiliki satu laminat atau lapisan yang berpenguat berupa serat (*fiber*). Untuk *fiber* yang digunakan merupakan *glass fiber*, *carbon fibers*, *aramid fibers (polyaramide)*, dan sebagainya.

3. Komposit lapis (*Laminated Composite Materials*)

Komposit laminat, adalah komposit yang memiliki dua lapis atau lebih yang dimana lapisan itu digabung menjadi satu dan setiap dari lapisnya memiliki karakteristik dan sifat yang berbeda. Komposit yang memiliki lapisan serat dan matriks, adalah lapisan yang berpenguat resin seperti, *plywood*, *laminated glass* yang sering ditemukan pada bahan bangunan dan kelengkapan lainnya (Sirait, 2010).

2.3. Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah bahan yang dapat digunakan dalam banyak aplikasi, seperti dibidang kimia, makanan, farmasi, dan lain-lain. Nanoselulosa yang diperoleh melalui proses hidrolisis menggunakan asam dari selulosa, diklasifikasikan sebagai pembahasan baru tentang nanomaterial. Banyak penelitian tentang keunggulan nanoselulosa, seperti ukurannya dalam skala nanometer, nilai modulus kekuatan tinggi, dan nilai luas permukaan aktif (*surface area*) (Callister, 1991).

Nanoselulosa merupakan salah satu material jenis yang baru dari selulosa yang terlihat berbeda dari peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan, dan peningkatan kemampuan dispersi serta biodegradasi. Sudah banyak aplikasi dari nanoselulosa ini sendiri. Beberapa dari aplikasinya nanoselulosa ini dapat digunakan untuk penguat (*filler*) polimer, aditif untuk produk-produk *biogredable*, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat serta implant (Rachmadani dan Farid, 2017). Ada beberapa cara dalam pembuatan atau sintesis dari nanoselulosa ini sendiri, diantaranya dengan metode mekanik (ultrasonikasi dan tekanan tinggi), metode kimia (hidrolisis asam kuat, organo solvent, pelarut alkali, oksidasi, dan cairan ionik), dan metode biologis (menggunakan enzim) (Gibson, 2011). Tabel 2.1 menunjukkan sifat mekanik dari nanoselulosa.

Tabel 2.1 Sifat mekanik nanoselulosa (Hull dan Clyne, 1996)

<i>Mechanical Properties</i> dari nanoselulosa	
<i>Tensile strength</i>	7.5 – 7.7 GPa
Modulus Elastisitas	~ 150 Gpa
Modulus Elastisitas pada arah transversal	18-50 GPa

Selulosa adalah biopolimer alami paling melimpah di bumi, yang dapat diperbarui, dapat terurai secara hayati, dan juga tidak beracun. Selulosa, yang dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti pulp kayu, kapas, rami, dan bakteri, adalah sumber biopolimer paling melimpah dan terbarukan yang tersedia saat ini di alam. Salah satu contoh nanoselulosa adalah kristalit yang menyerupai bentuk jarum dari rantai selulosa yang biasa disebut *Crystallized nanocrystals* (CNCs) (Habibi, dkk, 2010). Dibandingkan dengan serat selulosa, CNC memiliki banyak keunggulan, seperti dimensi nano, modulus dan kekuatan spesifik tinggi, luas permukaan tinggi, dan sifat optik yang unik. Sifat fisika-kimia yang tak tertandingi dan kurangnya kendala lingkungan memungkinkan penggunaan CNC dalam berbagai aplikasi potensial seperti menjadi agen penguat dalam nanokomposit, *coating*, tekstil, dan banyak lainnya. Morfologi dan sifat CNC sangat bergantung pada sumber selulosa asli, prosedur ekstraksi dan parameternya. Oleh karena itu, untuk perbandingan yang efisien dan pengembangan sumber daya ini, isolasi dan analisis lebih lanjut dari CNC dari sumber selulosa yang berbeda sangat relevan dan hampir diperlukan. CNC telah diisolasi dari berbagai sumber seperti sumber nabati, kapas, pulp kayu dan produk sampingan pertanian, seperti sekam kedelai, tongkol jagung dan sekam, dan sumber hewani seperti bakteri (Ioelovich, 2012).

2.4. *Polypropylene*

Plastik pada umumnya dibagi menjadi dua kategori yaitu termoseting dan termoplastik. Termoseting adalah polimer yang membentuk struktur permanen setelah di proses (*irreversible*) walaupun dibawah pengaruh panas dan tekanan. Plastik termoseting telah membentuk ikatan yang kuat dan berebentuk tiga dimensi yang membuatnya tidak bisa kembali ke bentuk semula setelah proses polimerisasi. Termoplastik adalah material yang sensitive terhadap panas dan berwujud solid pada temperature kamar seperti logam pada umumnya. Pemberian panas pada plastik termoplastik akan membuatnya lunak dan menjadi cair pada akhirnya (Effendi, dkk, 2015).

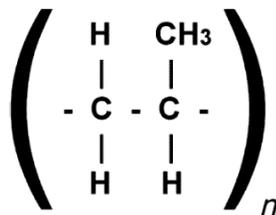
Polypropylene (PP) merupakan salah satu jenis termoplastik yang telah dimodifikasi atau dikembangkan secara khusus untuk mendapatkan karakteristik tertentu seperti biaya produksi yang rendah, densitas yang rendah, sifat fisik yang fleksibel dan serbaguna, *high heat distortion temperature* (HDT) (Martini, dkk, 2011). Sifat mekanik dari *polypropylene* dapat dilihat di Tabel 2.2.

Sebagai bahan matriks dalam suatu komposit, *polypropylene* memiliki beberapa karakteristik yang sangat cocok untuk fabrikasi komposit, karakteristik tersebut merupakan karakteristik yang berguna seperti transparansi, kestabilan dimensi, *high heat distortion temperature*, dan *high impact strength*, hal – hal ini memperluas *polypropylene* dalam penerapannya. Selain itu, *polypropylene* juga sangat cocok untuk proses *filling*, *reinforcing*, dan *blending*.

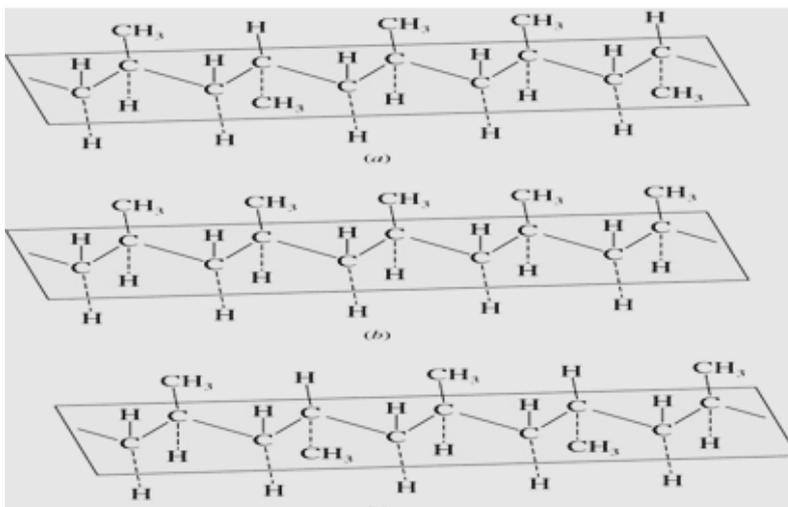
Tabel 2.2 Sifat Mekanik *Polypropylene* (Mudgil, 2017)

Sifat	Nilai
Kekuatan Tarik	31 – 38 MPa
Modulus Fleksural	1170 – 1730 MPa
Berat Jenis	0.89 – 0.92 g/cm ³
<i>Heat Distortion Temperature</i> 455 kPa	107 ⁰ – 121 ⁰ C
Temperatur Transisi Gelas	-35 ⁰ – 26 ⁰ C
Temperatur Leleh	160 ⁰ – 170 ⁰ C
<i>Mold Shrinkage</i>	0.015 – 0.025 cm/cm

Struktur kimia homopolimer *polypropylene* sederhana, gugus metil terletak pada unit karbon, seperti yang dapat dilihat di Gambar 2.2.


Gambar 2. 1 Struktur Kimia *Polypropylene* (Ilyas, 2020)

Menurut Natta, ada tiga struktur yang mungkin ada pada *polypropylene* yaitu Ataktik, Isotaktik dan Sindiotaktik. Struktur tersebut dibedakan oleh letak gugus metil relatif terhadap tulang punggung *polypropylene*. Ataktik apabila gugus metil terletak pada punggung secara tidak beraturan, memiliki sifat sangat lentur dan tidak dapat mengkristal. Isotaktik apabila gugus metil terletak secara teratur ke satu arah, dalam temperatur ruang memiliki sifat kaku, kekuatan yang tinggi dan dapat mengkristal. Polimer jenis ini adalah polimer yang diinginkan dan diproduksi. Sindiotaktik apabila gugus metil terletak secara berselang-seling berlawanan arah secara teratur, memiliki sifat dapat mengkristal. Jumlah kristal yang dibentuk lebih sedikit daripada isotaktik, tetapi lebih lentur dari isotaktik. Struktur ataktik, isotaktik, dan sindiotaktik dapat dilihat di Gambar 2.3


Gambar 2. 2 Struktur Ikatan Kimia *Atactic, Isotaktik, dan Sindiotactic* (Zaferani, 2018)

2.5. Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)

Kelemahan utama dari penggunaan komposit adalah tingkat kompatibilitas yang rendah antara sifat hidrofilik dari polar *bio-filler* yang digunakan dan sifat hidrofobik dari non-polar matriks polimernya. *Bio-filler* tidak dapat menyebar secara merata didalam polimer termoplastik seperti *polypropylene*. Hal ini dikarenakan terdapat ikatan hidrogen intermolekul yang sangat kuat didalam *bio-filler* yang kerap menggumpal pada saat proses penggabungan dengan matriks polimer. Kompatibilitas yang rendah dan adhesi antarmuka yang tidak kuat pada komposit menyebabkan penurunan pada sifat mekanik dan sifat thermal pada produk akhirnya (Kim. H. S, dkk, 2007).

Penggunaan *coupling agent* pada proses fabrikasi komposit dapat merubah permukaan *bio-filler* menjadi hidrofobik sehingga mampu mengikat polimer matriks dengan baik. Ikatan yang terbentuk antara gugus hidroksil di serat alam, silanyl pada matriks, dan kelompok *alkoxyl coupling agent* mengakibatkan ikatan antarmuka pada serat dan matriks meningkat dan menunjukkan pengikatan pada sifat kekerasan dan kekuatan.

Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP) adalah sebuah *coupling agent* yang digunakan pada proses fabrikasi komposit. Material ini disintesis dengan mereaksikan *grafting polypropylene* ke *maleic anhydride* (MAH). Dengan adanya komponen *maleic* berat molekul dan kejenuhan dari material dapat meningkat yang menyebabkan pembentukan film dengan sifat adhesi yang lebih baik. Penggunaan *coupling agent* diantara dua material yang di *blend* dapat meningkatkan kecocokan dari kedua material tersebut dengan cara meningkatkan karakteristik difusivitas pada setiap komponen *blend* (Kim. H. S, dkk, 2007).

Maleic juga dapat meningkatkan sifat mekanik sebuah material, diantaranya adalah sifat fleksibilitas, ketahanan terhadap goresan, dan ketahanan impak.

2.6. Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Penguat komposit bisa dalam berbagai bentuk seperti serat, serpih, atau partikel. Masing-masing memiliki properti sendiri yang dapat dikontribusikan ke komposit, dan oleh karena itu, masing-masing memiliki area aplikasinya sendiri. Di antara bentuk-bentuk tersebut, serat adalah yang paling umum digunakan dalam aplikasi komposit, dan serat memiliki pengaruh paling besar pada sifat material komposit. Alasan ini adalah bahwa serat memiliki rasio aspek yang tinggi antara panjang dan diameter, yang dapat memberikan transfer tegangan geser yang efektif antara matriks dan serat, serta kemampuan untuk memproses dan membuat bagian komposit dalam berbagai bentuk menggunakan teknik yang berbeda (Ngo. T. D, 1968).

2.7. Hukum Pencampuran

Pada komposit biasanya ditentukan oleh beberapa, antara lain: jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Sulistijono, 2012). Terdapat beberapa persamaan dalam hukum pencampuran. Persamaan pertama adalah persamaan volume komposit yang mengandung serat dan matriks, persamaan tersebut diberikan oleh:

$$v_c = v_f + v_m \quad (2.1)$$

Persamaan kedua adalah persamaan fraksi volume serat (V_f), fraksi volume matriks (V_m) yang diberikan oleh:

$$V_f = \frac{v_f}{v_c}; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$

Selanjutnya diberikan persamaan berat komposit dan matriksnya yang diberikan oleh:

$$w_c = w_f + w_m \quad (2.3)$$

Persamaan fraksi beratnya adalah :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c}; W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (2.4)$$

Selanjutnya, dari persamaan 2.4 dapat diketahui fraksi berat dari fraksi volume yang diberikan oleh:

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.5a)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \quad (2.5b)$$

Sehingga densitas komposit diberikan oleh:

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (2.6a)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \quad (2.6b)$$

2.8. Matriks

Fase matriks komposit berserat dapat berupa logam, polimer, atau keramik. Secara umum, logam dan polimer digunakan sebagai bahan matriks karena keuletan yang diinginkan; untuk komposit matriks-keramik, komponen penguat ditambahkan untuk meningkatkan ketangguhan retak. Pembahasan pada bagian ini berfokus pada polimer dan matriks logam. Untuk komposit yang diperkuat serat, fase matriks memiliki beberapa fungsi.

Pertama, matriks mengikat serat bersama dan bertindak sebagai media di mana tegangan yang diterapkan secara eksternal ditransmisikan dan didistribusikan ke serat; hanya sebagian kecil dari beban yang diterapkan yang ditopang oleh fase matriks. Selanjutnya bahan matriks harus ulet. Selain itu, modulus elastisitas serat harus jauh lebih tinggi daripada matriks.

Fungsi kedua dari matriks adalah untuk melindungi serat individu dari kerusakan permukaan akibat abrasi mekanis atau reaksi kimia dengan lingkungan. Interaksi semacam itu dapat menimbulkan cacat permukaan yang mampu membentuk retakan, yang dapat menyebabkan kegagalan pada tingkat tegangan tarik yang rendah. Akhirnya, matriks memisahkan serat dan, berdasarkan kelembutan dan plastisitas relatifnya, mencegah penyebaran retakan getas dari serat ke serat, yang dapat mengakibatkan kegagalan yang parah; Dengan kata lain, fase matriks berfungsi sebagai penghambat perambatan retak. Meskipun beberapa serat individu gagal, fraktur komposit total tidak akan terjadi sampai sejumlah besar serat yang berdekatan gagal dan membentuk kelompok dengan ukuran kritis.

Kekuatan ikatan perekat antar serat dan matriks harus tinggi untuk meminimalkan penarikan serat. Kekuatan ikatan merupakan pertimbangan penting dalam pemilihan kombinasi matriks-serat. Kekuatan pamungkas komposit sangat bergantung pada besarnya ikatan ini; ikatan yang memadai penting untuk memaksimalkan transmisi tegangan dari matriks lemah ke serat kuat (Callister, 2010).

2.9. Koefisien Absorpsi Suara

Kemampuan suatu material akustik untuk menyerap bunyi dinyatakan oleh koefisien absorpsi suara. Koefisien absorpsi suara ditentukan oleh ukuran serat, porositas, dan rongga. Material yang memiliki nilai koefisien absorpsi suara yang tinggi biasanya dicirikan oleh material yang tidak keras namun kuat (Ismail, dkk, 2016).

Tabel 2.3 Klasifikasi kelas koefisien absorpsi suara (ASTM C423-17, 2017)(Bahri,dkk, 2016)

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

Setiap material mempunyai nilainya masing-masing dan besarnya sangat bervariasi. Kualitas dari bahan penyerap suara ditunjukkan dengan nilai α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai bahan penyerap suara.

Nilai koefisien absorpsi suara (α) berkisar dari 0 hingga 1. Jika nilainya 0 artinya tidak ada bunyi yang terserap oleh material tersebut. Jika nilainya 1 artinya bunyi yang datang 100% terserap oleh material tersebut dan koefisien absorpsi suara yang bernilai 1 dapat dikatakan sempurna (Bahri, dkk, 2016).

Menurut ISO 11654, nilai α (koefisien absorpsi) minimum bahan untuk dapat dikategorikan sebagai peredam suara adalah 0.15. Tabel 2.3 menjelaskan mengenai klasifikasi kelas koefisien absorpsi suara.

2.10. Material Akustik

Sebuah material yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara atau menyerap kebisingan dapat disebut dengan material akustik. Kemampuan menyerap energi suara pada dasarnya dimiliki oleh semua material, namun perbedaan setiap material adalah seberapa besar energi tersebut dapat diserap. Energi suara yang diserap suatu material tersebut akan dikonversi menjadi energi panas ataupun energi getaran yang merupakan hasil dari friction dan resistansi dari berbagai jenis material untuk bergerak dan berdeformasi. Material akustik dapat dikategorikan menjadi tiga material utama, yaitu material peredam (*damping material*), material penghalang (*barrier material*), dan material penyerap (*absorbing material*). Material peredam bekerja dengan cara mempunyai lapisan yang tipis untuk melapisi benda, lapisan ini pada umumnya berupa plastik, polimer, epoksi, dan lain-lain. Material penghalang memiliki massa yang padat. Pada material penyerap, pada umumnya material tersebut berpori (*porous*) dan berserat (*fibrous*) (Rujigrok, 1993).

Besarnya energi suara yang akan diserap, dipantulkan, atau diteruskan oleh sebuah material ditentukan oleh jenis, sifat, dan bahan dari material tersebut. Perbandingan dari energi suara yang diterima dan diserap suatu material pada permukaannya didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara (*sound absorbing coefficient*) dan dilambangkan alfa (α). Bahan dari material akustik penyerap suara pada umumnya dikategorikan menjadi dua, yaitu bahan berpori (*porous material*) seperti *fiberglass*, dan bahan busa sintetik (*synthetic foam*). Bahan-bahan tersebut mempunyai sifat penyerapan suara yang tinggi dan tahan api (Lutfi, dkk, 2017).

Bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang lebih tinggi. Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energi akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (Tsoumis, 1968).

2.11. Sifat Mekanik

Sifat mekanik merupakan sifat yang berperan penting dan mendeskripsikan kekuatan atau kelemahan dari suatu material.

Berikut adalah contoh dari sifat mekanik dan penjelasannya:

1. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan adalah sebuah ukuran ketahanan dari sebuah material terhadap plastic deformation yang disebabkan oleh abrasi atau indentasi mekanik, ciri khas dari kekerasan yang kuat adalah ikatan antarmolekul yang kuat. Kekerasan dapat diuji dengan pengujian kekerasan *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*.

2. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik atau *tensile strength* adalah tegangan yang dapat ditahan oleh sebuah material ketika material tersebut ditarik dan sebelum material tersebut akhirnya patah. Ketika ditarik atau diregangkan bahan atau material dikategorikan menjadi dua, yaitu material yang patah tanpa mengalami deformasi, atau disebut material yang bersifat getas (*brittle*) dan material yang mengalami deformasi sebelum akhirnya patah, atau disebut material yang bersifat elastis (*ductile*). Kekuatan tarik dapat diukur dengan melakukan uji tarik. Dari pengujian tersebut didapatkan kurva tegangan – regangan yang menunjukkan kekuatan dari material. Titik tertinggi dari kurva tegangan – regangan merupakan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*).

3. Keuletan (*Ductility*)

Keuletan atau *ductility* adalah kemampuan material untuk diregangkan sebelum akhirnya patah. Keuletan merupakan sifat mekanik yang mengukur kemampuan material untuk mengalami sebuah deformasi plastis sebelum akhirnya material tersebut patah.

4. Kekuatan Impact (*Impact Strength*)

Kekuatan *impact* atau *impact strength* adalah kemampuan sebuah material untuk menahan beban yang diaplikasikan secara mendadak atau tiba – tiba. *Impact strength* dapat diukur dengan uji *impact* dengan metode Izod atau uji *impact* dengan metode Charpy (Kakani, 2006).

2.12. Penelitian Terdahulu

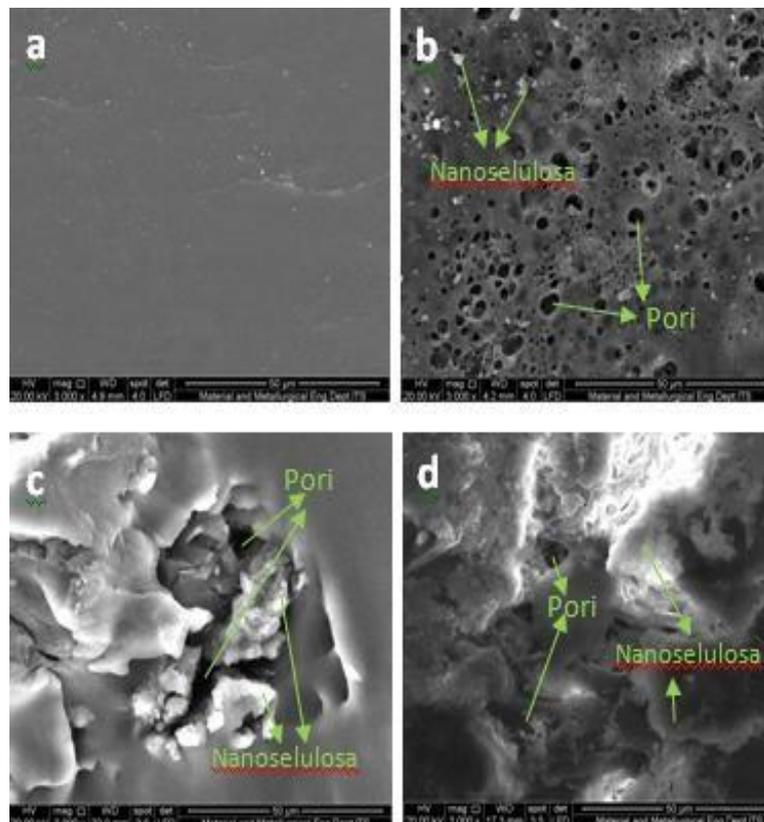
Berbagai penelitian tentang aplikasi komposit dan nanoselulosa yang dibuat dari serat alam telah dibuat untuk memperdalam pengetahuan akan material penyerap suara. Menurut Saba dan Jawaid, jenis nanoselulosa dengan kategori *Crystallized Nanocellulose* (CNC) memiliki sifat kekakuan, kekuatan, serta sifat optic yang baik serta sering digunakan sebagai komposit. Nanoselulosa marak digunakan sebagai *green nanofiller* dengan tujuan untuk meningkatkan sifat dari komposit polimer (Saba & Jawaid, 2017).

Penelitian oleh Rahmasita dan Farid menemukan hal yang serupa di mana dilakukan penelitian tentang material absorpsi suara yang terbuat dari komposit *unsaturated polyester resin* dengan *reinforcement* yang terbuat dari nanoselulosa dari serat tanda kosong kelapa sawit untuk mengurangi kebisingan dari kendaraan. Berdasarkan penelitian dari Rahmasita, komposisi memiliki dampak yang sangat besar pada sifat absorpsi suara yang dapat dilihat dari koefisien absorpsi suara. Dari variasi koefisien persen nanoselulosa 2%, 4%, dan 6% hasil teroptimal adalah penggunaan nanoselulosa sebesar 6%, dapat terlihat dari hasil SEM penambahan nanoselulosa menyebabkan pori menjadi tidak beraturan dan nanoselulosa cenderung menjadi menggumpal serta mengurangi massa jenis karena munculnya pori pori (Rahmasita & Farid, 2017).

Di sisi lain, penambahan MAPP dapat meningkatkan sifat mekanik suatu komposit 6%. Hal ini ditunjukkan pada penelitian Hee So Kim dkk, di mana disebutkan bahwa sifat mekanik komposit yang diberi perlakuan MAPP dapat dipengaruhi oleh berat molekul dan persentase

MA *graft* dari MAPP. MAPP dengan berat molekul yang rendah dapat menyebabkan tidak cukup berdifusi dan terjatoh dengan matriks PP. Berat molekul MAPP yang terlalu tinggi dapat berdampak pada *coupling agent* yang tidak muncul di *interphase* antar matriks PP dan MAPP. *Graft* MA yang rendah dari MAPP dapat menyebabkan interaksi tidak cukup dan ikatan hidrogen antara kelompok anhidrida MAPP dan *filler*. *Graft* MA yang terlalu tinggi dari MAPP dapat menyebabkan *coupling agent* menjadi lebih dekat terhadap permukaan *hydrophilic* dan tidak cukup interaksi dengan *continous matrix phase*. Kekuatan tarik, *impact* dan kekuatan *flexural* komposit yang diberi perlakuan MAPP meningkat secara signifikan dibandingkan dengan komposit yang tidak diberi perlakuan MAPP (Mørkholt,dkk, 2011).

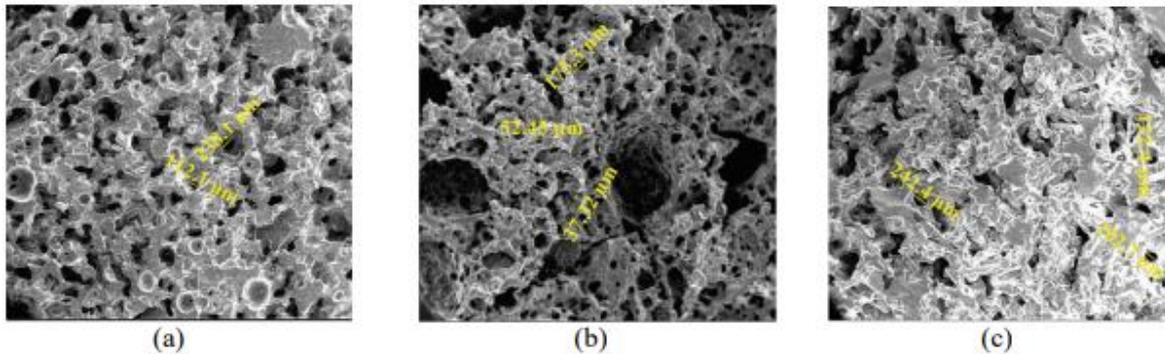
Sedangkan menurut Joung Man Park dll, dengan bertambahnya kandungan MAPP dalam campuran PP, maka *Interfacial Shear Stress* (IFSS) meningkat. Hal ini dapat terjadi karena jumlah gugus kutub yang dimasukkan ke dalam matriks meningkat dan dengan demikian meningkatkan IFSS antara permukaan serat dan matriks PP. IFSS juga meningkat setelah bereaksi dengan serat alami dengan larutan alkali dan zat silane *coupling agent*. Komponen energi permukaan serat sedikit menurun dengan *coupling agent*. Grafik peningkatan IFSS seiring dengan meningkatnya MAPP dapat dilihat di gambar 2.6



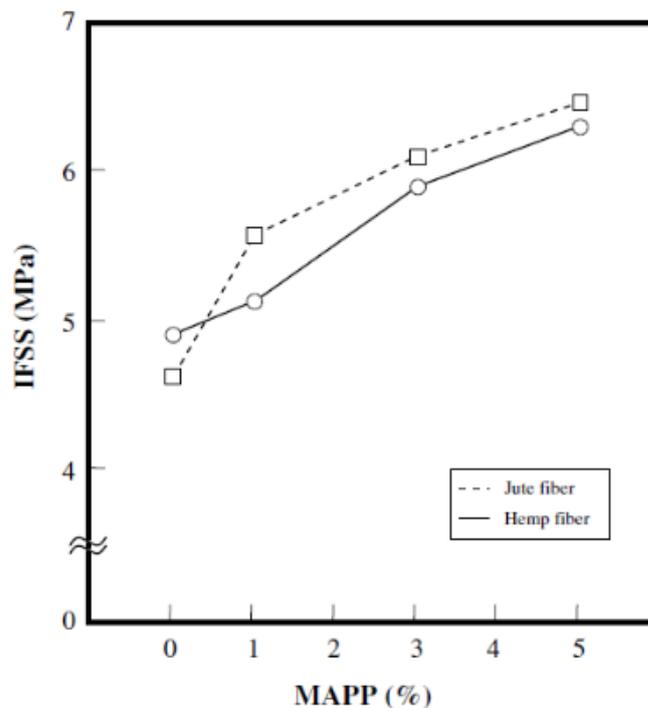
Gambar 2. 3 SEM Komposit UPR/Nanoselulosa (a) 0% nanoselulosa, (b) 2% nanoselulosa, (c) 4% nanoselulosa, dan (d) 6% nanoselulosa (Rahmasita & Farid, 2017).

Pengujian SEM di Gambar 2.4 menunjukkan hasil pada penambahan nanoselulosa dengan variasi komposisi berbeda, dan dapat terlihat penggumpalan nanoselulosa serta pori yang menjadi tidak beraturan, dengan penambahan persen berat dari nanoselulosa atau dengan semakin banyaknya nanoselulosa yang menggumpal akan menyebabkan pori tersebar tidak rata.

Dapat terlihat di Gambar 2.5 di mana hasil penelitian menggunakan komposit *Silicon Rubber* dengan penguat nanoselulosa menghasilkan komposit polimer dengan porositas tertentu (Farid, 2019).



Gambar 2. 4 Hasil SEM dari komposit SiR/Nanoselulosa (a). 0% (b). 6% (c). 8% (Farid, 2019).



Gambar 2. 5 Hubungan IFSS serat Jute dan Hemp dengan MAPP-PP dengan variasi MAPP yang berbeda (DeVries, dkk, 2006).

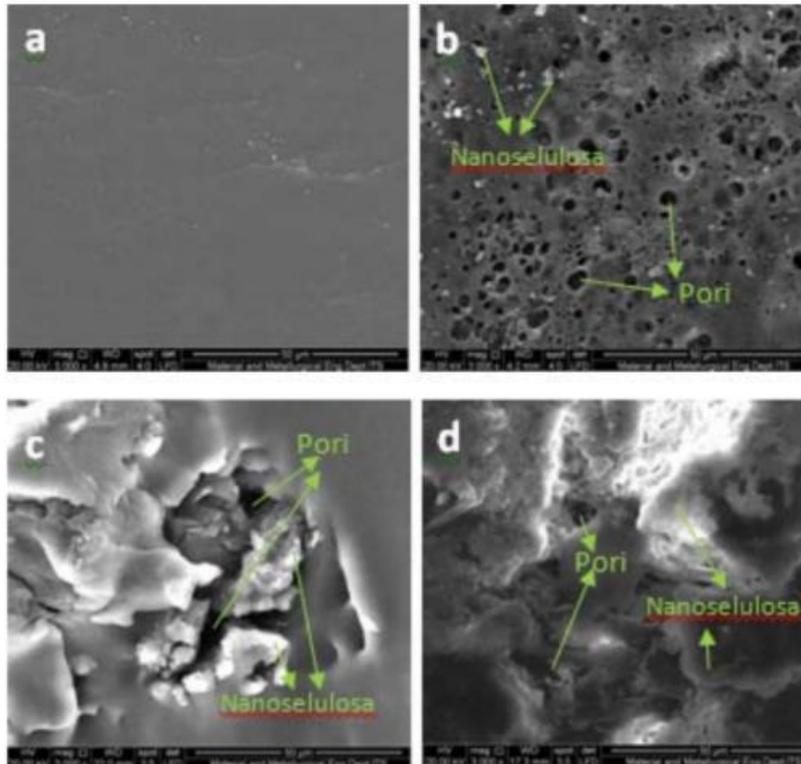
Berdasarkan penelitian Jayamani, 2015 dengan penelitian menggunakan serat rice straw dengan *polypropylene* sebagai matriks yang ditambahkan MAPP sebesar 2% serta fraksi serat yang digunakan adalah 10, 15, 20, 25%. Semakin tinggi komposisi serat yang digunakan maka semakin tinggi nilai koefisien absorpsi suara. Dengan penambahan MAPP maka meningkatkan adhesi interface antar serat dan matriks sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan stabilitas thermal. Morfologi dari permukaan komposit *polypropylene* dan serat batang jerami padi yang tidak diberi treatment dan diberi treatment Alkali MAPP dapat dilihat di gambar 2.9. Gambar tersebut menunjukkan beberapa ikatan antara serat dan matriks pada komposit yang tidak diberi perlakuan menjadi tidak terikat, menunjukkan bahwa tidak ada ikatan antara serat. dan matriks.

Komposit yang diberi treatment Alkali MAPP menunjukkan peningkatan adhesi interface matriks serat. Juga dapat diamati bahwa lapisan material matriks ditarik keluar bersama dengan serat selama fraktur. Ini menunjukkan adhesi interface yang lebih baik dan mendukung sifat mekanik yang lebih tinggi dari komposit alkali. Hasil serupa diperoleh untuk komposit *polypropylene* serat batang jerami. Hasil dari SEM mengkonfirmasi modifikasi kimia dan pengaruhnya dalam aspek morfologi serat. Dengan adanya modifikasi kimiawi, sifat mekanik dan thermal sangat dipengaruhi. Karena perlakuan basa, impurities yang ada di permukaan serat dihilangkan dan untaian serat dipisahkan. Penghilangan impurities dan pemisahan untaian ini menciptakan permukaan yang kasar dan mempengaruhi sifat mekanis dan penyerapan suara komposit. Karena sifat serat batang jerami padi yang berpori, maka pada saat gelombang suara menghantam permukaan komposit PP serat batang jerami padi, maka serat sudut non vertikal dengan orientasi gelombang datang menyerap sebagian gelombang suara tersebut. Untuk serat jerami padi yang pendek, karena distribusinya yang acak dalam komposit, terdapat sebagian besar struktur berpori, yang menyerap gelombang suara

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hizkia Eben Haezer di mana komposit dengan matriks *polypropylene* dan diperkuat oleh serat bambu dan serat rami dengan tiga variasi komposisi. Hasil paling optimal didapatkan di komposisi 5%B dan 15%R di mana *sound absorption coefficient* merupakan yang paling tinggi dan hasil SEM menunjukkan morfologi struktur dengan pori paling banyak dibandingkan dengan spesimen spesimen lainnya (Jayamani, dkk, 2015).

Tabel 2.4 Tabel Penelitian Terdahulu

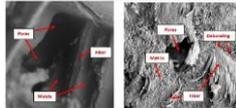
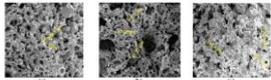
Nama Peneliti	Matriks	Filler	Hasil Penelitian
Joung Man Park, dkk (2006)	<i>Polypropylene</i>	Serat Rami dengan MAPP	Penambahan MAPP berhasil menunjukkan peningkatan gaya adhesi antar permukaan
Hee-So Kim, dkk (2007)	<i>Polypropylene</i>	<i>Bio-filler</i> dengan 5 jenis MAPP	<i>Mechanical & Thermal stability</i> meningkat
Jayamani, dkk (2015)	<i>Polypropylene</i>	Serat Jerami dengan MAPP	Meningkatnya <i>interfacial adhesion</i>
Farid, dkk (2018)	<i>Silicon Rubber</i>	Nanoselulosa	Morfologi bertambah pori
Satyawan (2019)	<i>Silicon Rubber</i>	Nanoselulosa	Morfologi bertambah pori dan tidak merata



Gambar 2. 6 SEM UPR/Nanocellulose composite (a) 0% nanocellulose, (b) 2% nanocellulose, (c) 4% nanocellulose, dan (d) 6% nanocellulose. (Rahmasita & Farid, 2017)

Tabel terkait beberapa penelitian terdahulu yang telah dibahas dapat dilihat pada Tabel 2.5 diatas berikut.

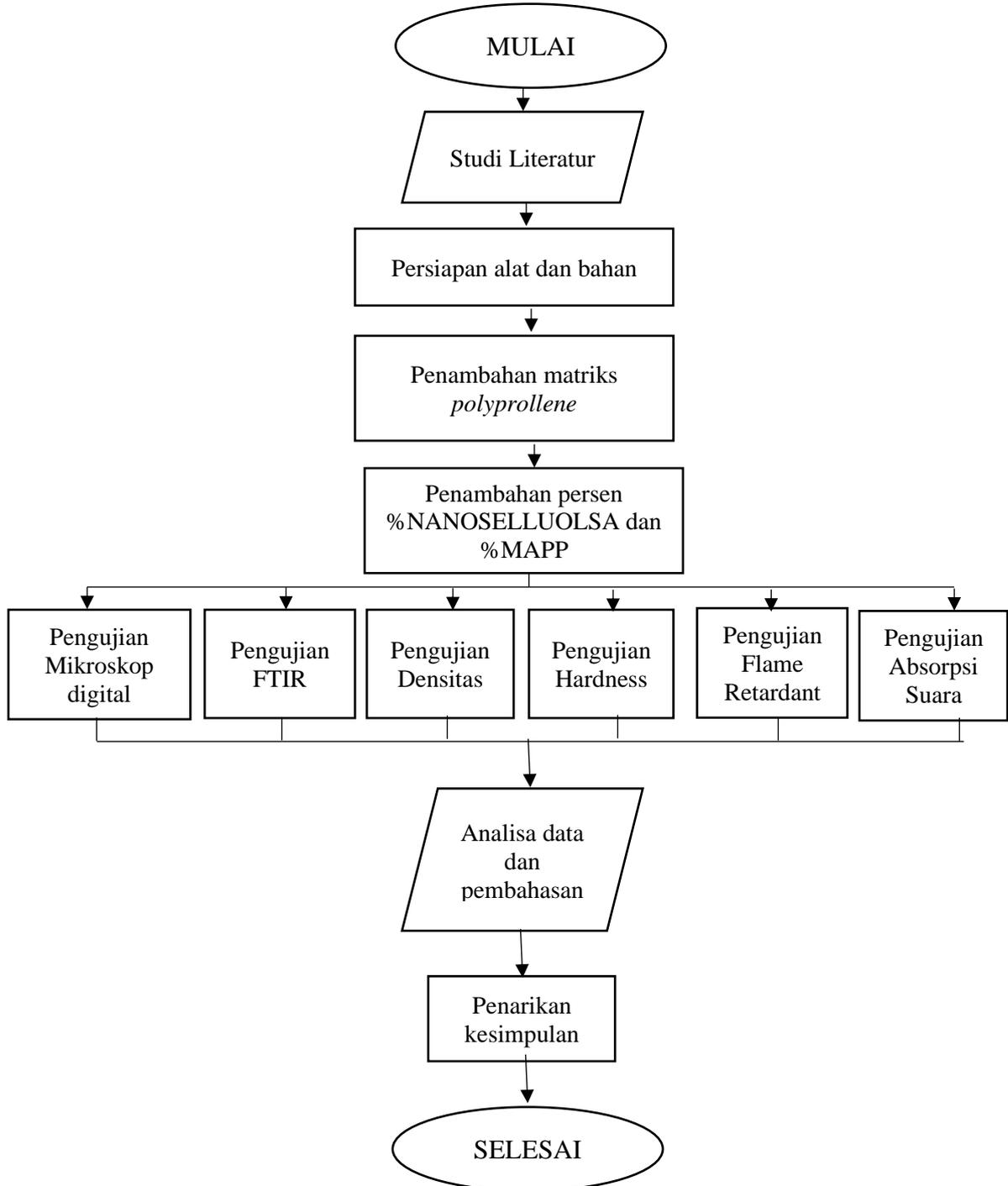
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu Berdasarkan Jurnal

Nama Peneliti	Matriks	Filler	Hasil Pengujian
Moh Farid, Agung P, dkk (2018)	Poliester	Nanocelulosa	 <p>Nanocelulosa berpengaruh untuk membentuk pori pada komposit</p>
Moh Farid, Amaliya R, dkk (2019)	<i>Silicone Rubber</i>	Nanocelulosa	 <p>Fig. 1. SEM images of silicone rubber composite/nanocellulose with the addition of nanocellulose (a) 0%, (b) 6%, (c) 12.5%.</p> <p>Nanocelulosa berperan untuk meningkatkan pori pada komposit</p>

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Metode Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pembuatan Cetakan

Cetakan dibuat dari seng yang kemudian dilapisi oleh aluminium foil. Seperti pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Cetakan Spesimen

1.5.2 Pengolahan Matriks

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

1.5.3 Pembuatan Spesimen Uji Komposit

1. Melakukan *dry blending* atau pencampuran kering terhadap *polypropylene*, MAPP, dan nanoselulosa secara mekanik tanpa ada pelelehan. Proses ini bertujuan untuk menjadikan distribusi campuran lebih homogen. Pencampuran dilakukan selama 1 menit untuk setiap formula.
2. Hasil dari *dry blending* dimasukkan ke dalam wadah.
3. Xylene sebanyak 300 ml dipanaskan hingga mencapai temperature 220oC dalam kondisi diaduk dengan kecepatan 400 rpm. Proses pemanasan dapat dilihat melalui Gambar 3.3 berikut.
- 4.



Gambar 3. 3 Proses Pemanasan Xylene

5. Hasil *dry blending* dimasukkan kedalam *xylene* dan diaduk selama 1 jam untuk proses pelarutan. Proses pengadukan dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Proses Pengadukan Spesimen

6. Setelah *polypropylene* dan MAPP larut, dilakukan penambahan nanoselulosa dan diaduk selama 5 menit hingga larut seluruhnya.
7. Larutan dituang kedalam cetakan.
8. Setelah spesimen mengering dan mengeras, cetakan dibongkar dan spesimen diambil.

3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Nanoselulosa

Nanoselulosa digunakan sebagai *reinforced* pada komposit. seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Nanoselulosa

2. *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP)
3. *Polypropylene Pellet*
4. *Xylene*

Xylene yang digunakan sebagai pelarut pada saat proses pembuatan komposit seperti pada Gambar 3.6 diperoleh dari UD Sumber Ilmiah Persada Surabaya.



Gambar 3. 6 Xylene

3.3.2.Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan. Timbangan yang digunakan pada penelitian ini adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 7 Timbangan Digital

2. Alat Uji Mikroskop Digital

Alat uji mikroskop digital berfungsi untuk menguji fotomikrografi. Pada penelitian ini alat uji mikroskop digital yang digunakan adalah milik Laboratorium Metalurgi dan Manufaktur Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 8 Alat Uji Mikroskop Digital

3. Alat Uji *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Alat uji FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 9 Alat Uji FTIR

4. *Aluminium Foil*

Digunakan untuk melapisi cetakan agar tidak lengket. seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3. 10 *Alumunium Foil*

5. Oven

Oven digunakan untuk proses pembuatan komposit *polypropylene*.

6. Alat Uji *Hardness*

Pengujian menggunakan alat uji kekerasan yang digunakan adalah milik Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material FTIRS – ITS yang bertujuan untuk mengetahui kekerasan dari sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11 di bawah



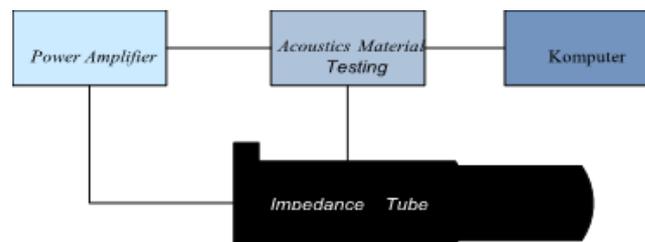
Gambar 3. 11 Alat Uji Hardness

7. Alat Uji Absorpsi Suara

Alat uji absorpsi suara berfungsi untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Pada penelitian ini alat uji absorpsi suara yang digunakan adalah milik Universitas Negeri Sebelas Maret yang ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut.



Gambar 3. 12 Alat Uji Absorpsi Suara



Gambar 3. 13 Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara (Yusril,2013)

3.4. Pengujian Yang Dilakukan

3.4.1. Pengujian Mikroskop Digital

Pengujian mikroskop digital merupakan perpaduan antara mikroskop optik dengan kamera digital yang bisa menghasilkan gambar yang bisa tersimpan di dalam komputer, sehingga memudahkan penggunaannya dalam melakukan serangkaian penelitian. Mikroskop jenis ini terhubung dengan kamera yang akan menunjukkan *output* gambar pengamatan pada monitor atau proyektor. Di samping itu, mikroskop digital tidak lagi mengharuskan pengguna

dalam melihat objek pengamatan langsung dengan mata melalui lensa pengamat. Mikroskop digital sudah bisa melakukan pengamatan otomatis karena gambar difokuskan pada sirkuit digital dan seluruh gambar dirancang untuk gambar monitor, bukan gambar visual mata manusia.

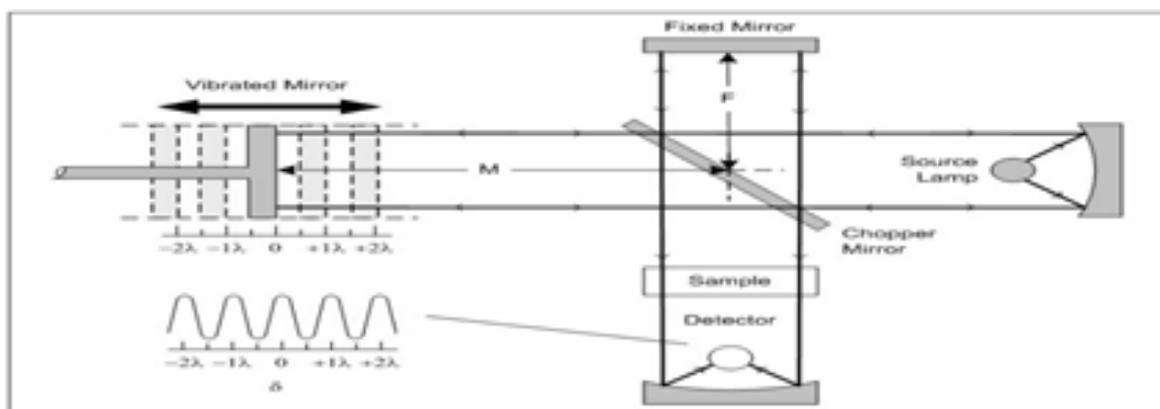
Mikroskop digital memiliki fungsi untuk melakukan perbesaran pada objek kecil mikroskopik yang tidak akan mungkin terlihat oleh mata telanjang. Mikroskop ini cocok digunakan untuk penelitian di laboratorium maupun tujuan pendidikan di sekolah maupun universitas. Mikroskop digital terhubung dengan komputer, sehingga hasil pengamatan yang dilakukan bisa lebih detail.

Mikroskop Digital memiliki hasil perbesaran yang lebih besar daripada mikroskop optik jenis lainnya. Dikarenakan mikroskop digital menghasilkan gambar atau hasil pengamatan yang ditentukan oleh ukuran monitor tempat gambar ditampilkan. Selain itu, mikroskop digital sudah memiliki sumber cahaya sendiri sehingga tidak lagi membutuhkan cahaya matahari.

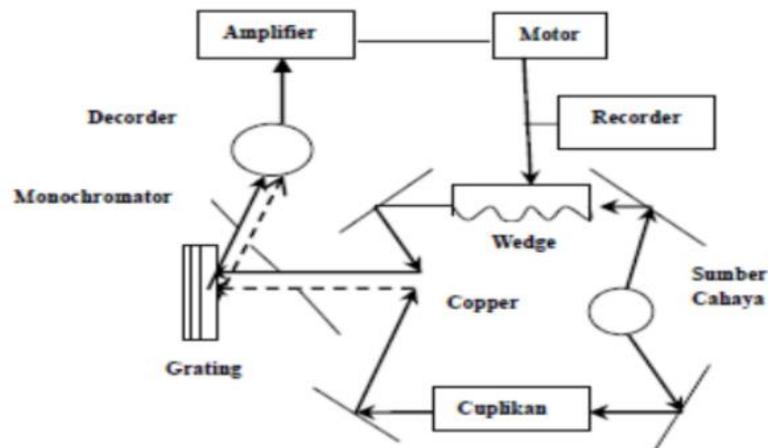
3.4.2. Uji FTIR

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel, dalam teknik analitik untuk mengidentifikasi material. Teknik ini mengukur absorpsi panjang gelombang cahaya infrared yang dipancarkan oleh material yang diuji. Pita absorpsi infrared ini menunjukkan struktur dan komponen molekul tertentu. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui ikatan kimia dalam material yang ditunjukkan dengan puncak – puncak yang berbeda. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM E1252.

Secara sederhananya, cara kerja FTIR adalah untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dan sampel yang dianalisis. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut – turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detector dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Skema alat *spektroskopi inframerah* menurut Anam dkk (2007) ditunjukkan pada Gambar 3.13 dan Skema uji FTIR ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Skema Alat FTIR (Anam, 2007)



Gambar 3. 15 Skema Uji FTIR (Satyawan & Farid, 2019)

3.4.3. Pengujian Densitas

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

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

Dimana:

a = masa spesimen, tanpa *wire* atau *sinker* di udara

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

sp gr = *Specific Gravity*

w = massa total *sinker* atau *wire* yang tercelup

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

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

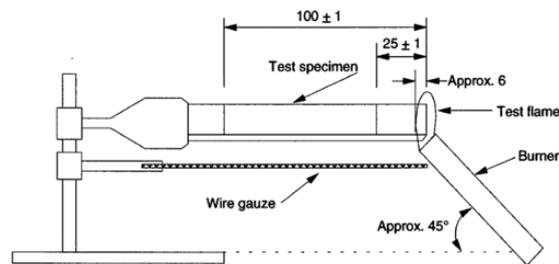
3.4.4. Pengujian Hardness

Pengujian *hardness* dilakukan di Laboratorium Material Inovatif Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS Surabaya. Pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan *Durometer*. Pada pengujian kekerasan dengan alat uji *durometer* dan preparasi spesimen berdasarkan standar ASTM D2240 menggunakan indenter *durometer shore D*. Prinsip kerja yang digunakan untuk mengukur kekerasan didasarkan pada pengukuran kekuatan perlawanan dari penetrasi jarum kedalam bahan uji dibawah beban pegas. Jarum tersebut diletakkan pada bahan uji spesimen sampai rata dengan permukaan dari bahan uji spesimen yang akan diukur kekerasannya, dan bahan uji spesimen tersebut harus berada pada bidang datar agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.

3.4.5. Pengujian Tahan Bakar (*Flame Retardant*)

Uji ketahanan terhadap api berguna untuk mengetahui seberapa lama material tersebut dapat bertahan pada temperatur yang tinggi sebelum terbakar habis. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D635 dengan dimensi spesimen berbentuk balok ukuran 125x13x3 mm.

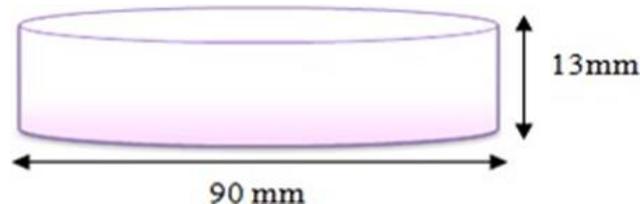
Material akan dibakar dari ujungnya dan dicatat berapa waktu yang dibutuhkan sampai material tersebut habis terbakar atau hingga api padam.



Gambar 3. 16 Rangkaian Pengujian Tahan Bakar (Zainudin, 2022)

3.4.6. Uji Absorpsi Suara

Pengujian absorpsi suara adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dari harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Besarnya nilai α berbanding lurus dengan kemampuan material tersebut untuk menyerap suara. Semakin besar nilai α maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0 maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut sedangkan jika α bernilai 1 maka 100 % bunyi yang datang diserap oleh material tersebut. digunakan untuk mengukur nilai koefisien serap bahan (Jayamani, dkk, 2015). Pengujian ini menggunakan tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050 (Wang, dkk, 2021). Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 90mm dan tinggi 13mm yang ditunjukkan pada gambar 3.17 berikut.



Gambar 3. 17 Spesimen Uji Absorpsi Suara (Wang, 2021)

3.5. Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

No.	Spesimen Uji	Pengujian					
		Mikroskop digital	FTIR	Uji Densitas	Uji Tekan	Uji Flame Retardant	Absorpsi Suara
1	<i>Polypropylene</i> Murni	V	V	V	V	V	V
2	PP 6% wt Nanoselulosa	V	V	V	V	-	V
3	Nanoselulosa 6% wt + 2% wt MAPP	V	V	V	V	-	V
4	Nanoselulosa 6% wt + 4% wt MAPP	V	V	V	V	-	V
5	Nanoselulosa 6% wt + 6% wt MAPP	V	V	V	V	-	V

3.6. Jadwal Penelitian

Untuk jadwal penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

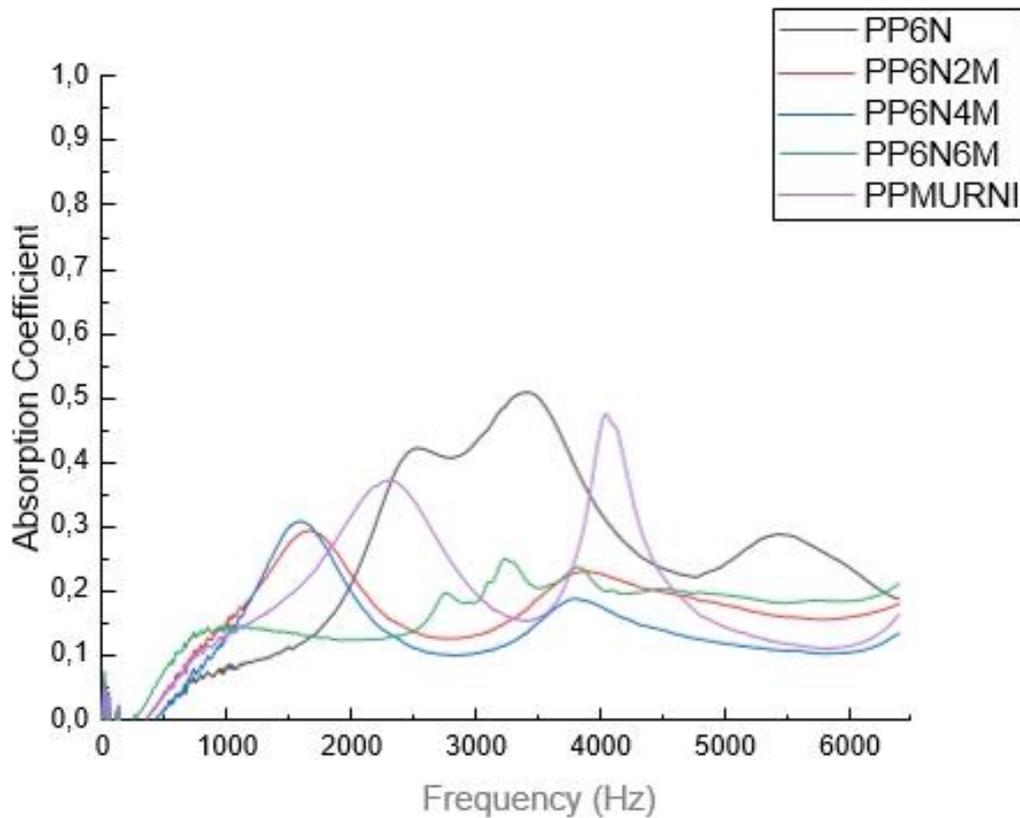
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Jan				Feb				Mar				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penyusunan Proposal	■	■	■	■	■	■	■	■																
2	Asistensi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Persiapan Alat dan Bahan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
4	Pembuatan Komposit													■	■	■	■								
5	Pengujian Spesimen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
6	Analisis Data dan Pembahasan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Penyusunan Laporan Akhir	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Pengaruh Penambahan Porsen MAPP Terhadap Absorpsi Suara

Pada pengujian absorpsi suara ini mengacu pada ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Dari hasil pengujian dapat kita ketahui bahwa semakin besar nilai α , maka penyerapan bunyinya semakin baik. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Vibrasi dan Akustik, Departemen Fisika, UNS. Perangkat yang digunakan meliputi dua mikrofon, amplifier, tabung impedansi B&K 4206, pulse multi analyzer, dan laptop. Spesimen dipasang dalam tabung impedansi dengan posisi melintang menggunakan penyangga plastisin. Kemudian dipancarkan gelombang suara dengan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Gelombang yang datang dari mikrofon diserap oleh permukaan spesimen dan ditangkap kembali oleh mikrofon yang kedua. Hasil dari gelombang suara yang datang dan tertangkap kemudian dianalisis untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi sehingga dapat diketahui nilai koefisien absorpsi suara kemudian diolah oleh *software pulse* dan representasikan sebagai alfa.



Gambar 4. 1 Grafik koefisien absorpsi suara

Tabel 4. 1 Nilai Koefisien Absorpsi Suara

Frekuensi (Hz)	PP Murni	PP 6%wt Nanoselulosa	PP	PP	PP
			6%wt+2%wt MAPP	6%wt+4%wt MAPP	6%wt+6%wt MAPP
200	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
400	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04
600	0,06	0,04	0,07	0,04	0,10
800	0,10	0,07	0,11	0,08	0,14
1000	0,13	0,08	0,15	0,13	0,14
3000	0,19	0,43	0,13	0,10	0,18
4000	0,45	0,32	0,23	0,18	0,20
6000	0,47	0,76	0,29	0,23	0,32

Tabel 4.1 menunjukkan hasil dari pengujian absorpsi suara. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai koefisien absorpsi suara setiap sampel berbeda seiring dengan perbedaan frekuensi, fraksi massa dan adanya penguat lain di dalam material komposit. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi dari masing-masing sampel yang menyebabkan perbedaan kerapatan, serta akibat dari persebaran pori. Adanya pori menyatakan bahwa suatu material tidak padat, sehingga kemampuan absorpsi suara dapat berpengaruh sehingga pada permukaan berdampak pada nilai koefisien absorpsi suara. Kemudian hasil dari pengujian absorpsi suara di plot ke dalam grafik.

Gambar 4.1 menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara dari kelima spesimen. Perbedaan koefisien absorpsi suara terlihat berbeda di frekuensi rendah dan sedang, akan tetapi pada rentang frekuensi tinggi perbedaan koefisien penyerapan suaranya sangat kecil. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh antara banyaknya persebaran pori terhadap nilai koefisien absorpsi suara. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan meningkatnya nilai absorpsi suara. Namun ketika penambahan MAPP 4% akan menurunkan nilai koefisien absorpsi suaranya dibandingkan dengan 2% maupun 6%.

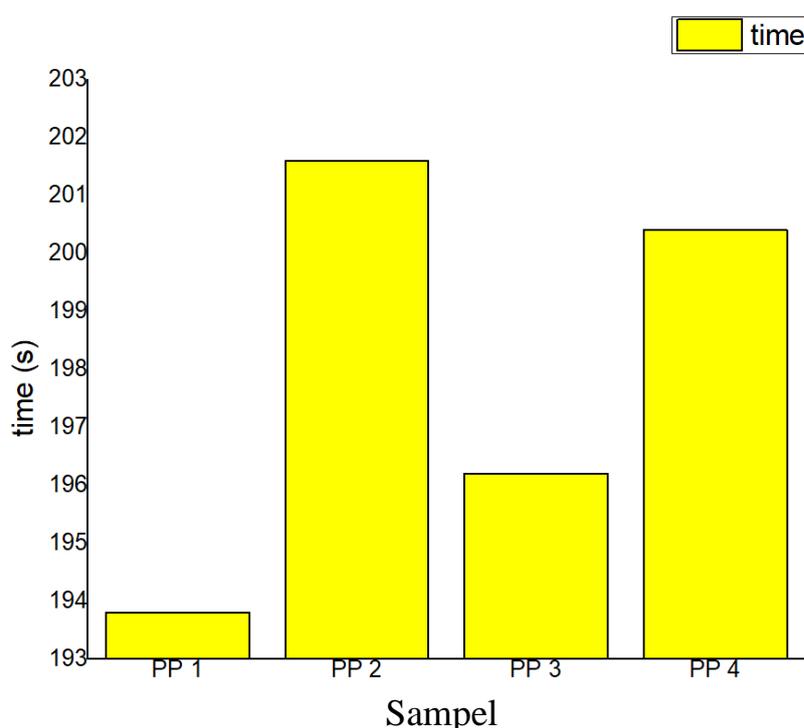
Grafik pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa Nanoselulosa dengan penambahan MAPP memiliki nilai absorpsi suara yang paling rendah dibandingkan dengan komposit PP/Nanoselulosa di berbagai rentang frekuensi. Dengan nilai absorpsi di berbagai rentang frekuensi yang naik dan turun diakibatkan adanya rongga atau porositas yang terbentuk di perbatasan antara permukaan matriks dan filler (Bathara dan Farid, 2017). Pada penambahan MAPP 4%, koefisien absorpsi menurun pada frekuensi 3000 Hz. Penurunan nilai koefisien absorpsi ini disebabkan karena partikel telah jenuh maka terjadi pembuangan energi yang mengakibatkan koefisien absorpsi menurun (Sinaga, 2012). Yusril pada tahun 2013 juga mengatakan bahwa setiap penambahan fraksi *filler* belum tentu menaikkan nilai α , karena fraksi *filler* yang tinggi akan cenderung tidak homogen distribusinya dimana teraglomerasi pada satu titik. Hal ini berpengaruh pada nilai α .

Berdasarkan yang dijelaskan pada Tabel 2.3 dapat diketahui kluster kelas koefisien absorpsi suara pada PP murni maupun dengan tambahan *polypropellene*/nanoselulosa. Untuk rentang frekuensi 200-800 hz seluruh sampel masuk kedalam kluster F. Sedangkan untuk frekuensi dari 1000-3000 menunjukkan koefisien absorpsi yang berbeda beda. Pada rentang 1000 hz PP Murni dengan tambahan nanoselulosa 6% memiliki redaman sempurna dengan nilai koefisien 0.15 sedangkan yang lain terletak pada kluster F. Sedangkan untuk frekuensi 3000 hz, nanoselulosa 6% masuk kedalam kluster D, sedangkan tambahan 4% dan 2% MAPP masuk kluster F dan yang lain dikategorikan pada kluster E. Sedangkan pada rentang 4000 dan 6000 seluruh nya masuk kedalam kluster D kecuali pada tambahan 6% Nanoselulosa masuk pada kluster D. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada seluruh frekuensi akan naik jika diberikan

tambahan nanoselluosa dan akan turun pada tambahan 4% MAPP. Perbedaan tersebut terjadi akibat perubahan porositas sehingga nilai absorpsi terus berubah dengan penambahan MAPP/nanosellulosa.

4.2. Analisis Pengaruh Penambahan Persen MAPP Terhadap Ketahanan Bakar

Dari pengujian ketahanan bakar yang telah dilakukan berdasarkan ASTM D635, diperoleh data yang digambarkan pada Tabel 4.1 berikut Berdasarkan hasil pengujian, ketahanan bakar pada material tidak ditentukan oleh Panjang pendeknya serat, Akan tetapi, lebih kepada material penyusunnya. Hal tersebut terbukti dari hasil pengujian pada spesimen komposit PP Murni. Pada spesimen PP Murni api pada bagian yang terlepas setelah terbakar langsung padam. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa performansi ketahanan bakar dari PP murni dapat meningkat setelah diberikan tambahan MAPP.



Gambar 4. 2 Grafik pembakaran pada PP murni

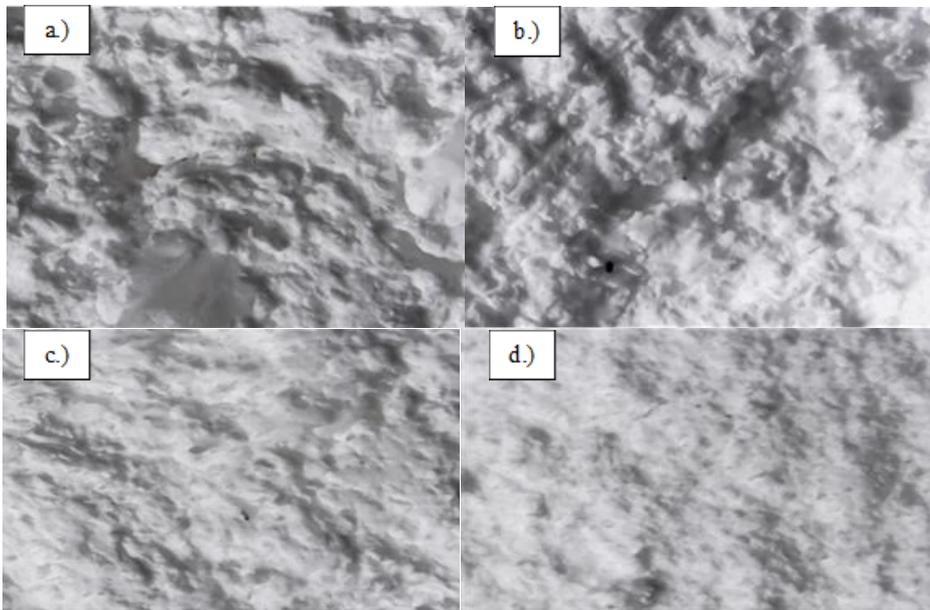
Tabel 4. 2 Jarak terbakar pada PP murni pada waktu t detik

Spesimen	Waktu Terbakar (detik)	Jarak Terbakar (mm)	Rata-rata Kecepatan Bakar (mm/s)
PP Murni 1	193.8	75	0.387
PP Murni 2	201.6	75	0.372
PP Murni 3	196.2	75	0.382
PP Murni 4	200.4	75	0.374
Rata-rata	198	75	0.379

Penelitian sebelumnya yang diujikan pada MAPP oleh Wang (2011) bahwa penambahan MAPP menyebabkan penambahan waktu pengapian. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan MAPP sebanyak 10% menambahkan waktu terbakar 26 detik dibandingkan tanpa adanya pengapian. Selain itu menunjukkan juga bahwa penambahan MAPP berpengaruh terhadap laju panas yang dikeluarkan. Dimana semakin banyak tambahan MAPP dalam % dapat menurunkan laju pembakaran. Selain itu penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penambahan MAPP mampu mengurangi racun yang keluar akibat adanya asap akibat pembakaran saat diuji. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan % MAPP dapat meningkatkan performa ketahanan bakar.

4.3. Analisis Pengaruh Penambahan Persen MAPP terhadap Perubahan Mikrografi

Morfologi pada komposit *polypropylene/nanoselulosa/MAPP* ditunjukkan dengan gambar yang diambil dari *digital microscope*. Pengujian ini dilakukan pada permukaan melintang sampel atau permukaan potongan sampel. Pengambilan gambar dilakukan pada perbesaran 150x.



Gambar 4. 3 Pengujian Digital Microscope pada sampel (a) PP6%Nanoselulosa, (b)PP6%Nanoselulosa/2%MAPP, (c) PP6%Nanoselulosa/4%MAPP, (d) PP6%Nanoselulosa/6%MAPP Perbesaran 150x

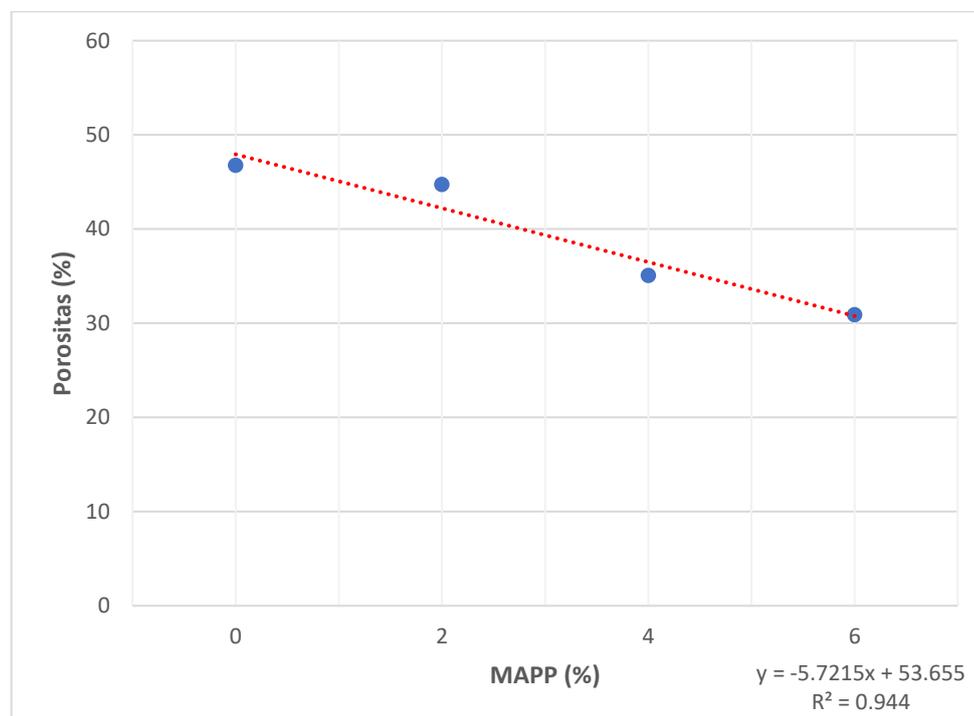
Gambar 4.3 menunjukkan morfologi permukaan pada komposit polypropylene yang diperkuat dengan nanoselulosa dan MAPP. Pada permukaan sampel dapat dilihat bahwa seiring penambahan % MAPP yang lebih besar maka permukaan sampel akan semakin rata dan nilai porositasnya semakin berkurang. Pada sampel PP Murni terlihat pada permukaan dengan persebaran porinya sedikit. Pada PP6%Nanoselulosa memiliki permukaan yang tidak rata dan tidak beraturan serta pori yang semakin banyak. Hal ini disebabkan karena penambahan nanoselulosa menyebabkan terbentuknya pori secara tidak merata. Pada sampel PP/6%Nanoselulosa/2%MAPP terlihat bahwa penambahan MAPP menyebabkan *interfacial adhesion* antara matriks *polypropylene* dan filler nanoselulosa semakin kuat. Sehingga jumlah pori semakin tertutup.

Hal yang serupa juga dapat terjadi pada sampel PP6%Nanoselulosa 4%MAPP dan PP/6%Nanoselulosa/6%MAPP dimana pada permukaan sampel mulai lebih terlihat secara jelas bahwa penambahan %MAPP yang semakin besar menyebabkan semakin sedikit dan

berkurangnya jumlah pori akibat gaya adhesi yang terjadi akibat penambahan tersebut. Sehingga dengan berkurangnya jumlah pori maka porositas akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya %MAPP. Porositas dari sampel ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Tabulasi Porositas Sampel

Sampel	Porositas (%)
PP/6%Nanoselulosa	46,745
PP/6%Nanoselulosa/2%MAPP	44,71
PP/6%Nanoselulosa/4%MAPP	35,06
PP/6%Nanoselulosa/6%MAPP	30,89

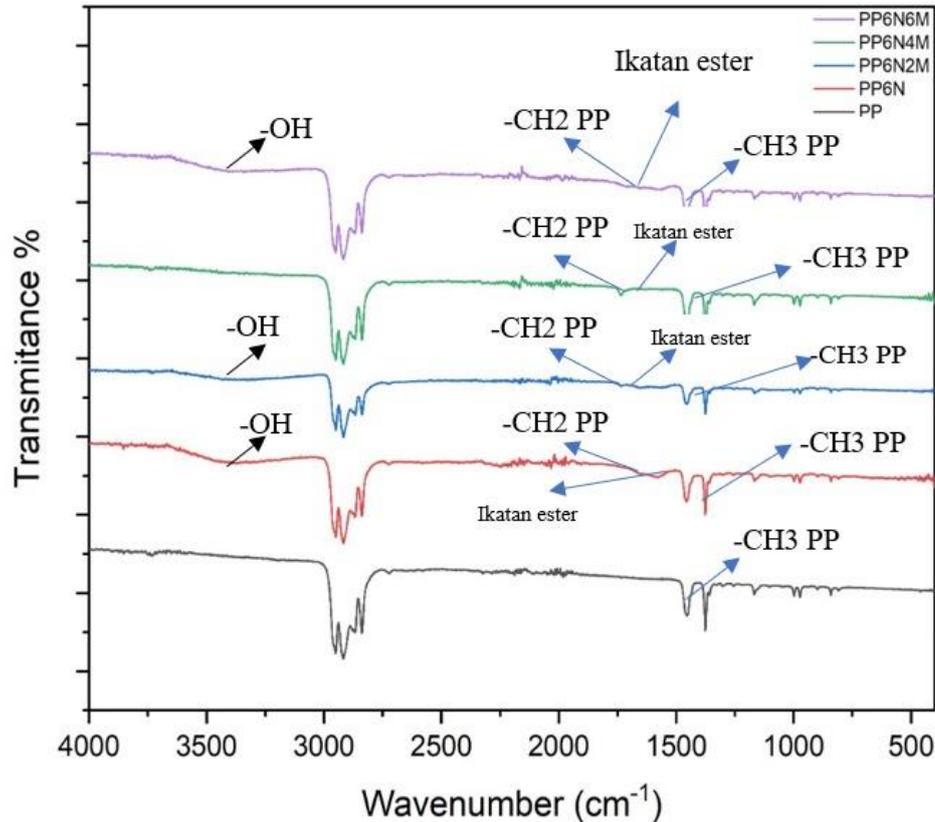


Gambar 4. 4 Grafik Porositas pada Sampel Komposit Polypropylene/6%Nanoselulosa

Berdasarkan Gambar 4.4, porositas tertinggi dimiliki oleh sampel PP/6%Nanoselulosa yang tidak diberi MAPP dan porositas terendah dimiliki oleh sampel dengan penambahan 6% MAPP. Dapat dilihat pula bahwa nilai % porositas dari setiap sampel menunjukkan tren linear yang menurun seiring dengan seberapa besar penambahan MAPP pada sampel tersebut. Komposit yang diberi MAPP akan mempunyai ikatan *interfacial adhesion* yang jauh lebih baik daripada komposit yang tidak diberi MAPP. Zulfa dkk pada penelitiannya juga mengatakan bahwa penambahan MAPP akan menyebabkan semakin sedikit dan berkurangnya pori/celah pada komposit, hal ini disebabkan karena gaya adhesi antar matriks dan *filler* semakin kuat. Hee Soo Kim pada penelitiannya juga mengatakan bahwa penambahan MAPP pada polimer maupun komposit dapat meningkatkan gaya adhesi dan sifat *wetting* yang baik, yang membuat porositas dari komposit tersebut akan berkurang dan semakin tersebar secara merata.

4.4. Analisis Pengaruh Penambahan Persen MAPP dari Pengujian Petode FTIR

Spektroskopi FTIR merupakan salah satu metode karakterisasi material berjenis spektroskopi vibrasi (*vibrational spectroscopy*) untuk mengidentifikasi struktur dari molekul suatu material. Pengujian FTIR menghasilkan beberapa informasi yang dapat diperoleh yaitu mengidentifikasi materi yang tidak dikenal, menentukan kualitas atau konsistensi sampel, dan menentukan jumlah komponen dalam suatu campuran. Pada pengujian ini diuji komposit *polypropylene* dengan *filler* nanoselulosa dan MAPP. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS. Hasil FTIR nanoselulosa ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hasil uji FTIR

Gambar 4.5 menunjukkan hasil uji FTIR. Uji ini dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia yang tidak dikenali dan terdapat pada PP baik terhadap PP murni maupun PP yang ditambahkan nanoselulosa dan MAPP. Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa seluruh transmitansi turun pada rentang wavenumber 1500-3000 cm^{-1} dan memiliki senyawa dengan gugus CH₃ dan CH₂ dan terjadi ikatan vibrasi. Sedangkan pada rentang *wavenumber* 2800-3300 cm^{-1} memiliki gugus CH. Perbedaan paling menonjol antara PP murni dengan lainnya terletak pada wavenumber 1000 cm^{-1} dan 3300 cm^{-1} dimana pada PP tidak terdapat puncak (peak), sementara pada variasi lainnya terdapat peak yang menunjukkan masing masing adanya indikasi ikatan ester dan ikatan -OH. Hal ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chun pada 2013.

Tabel 4. 4 Bilangan gelombang dan jenis ikatan

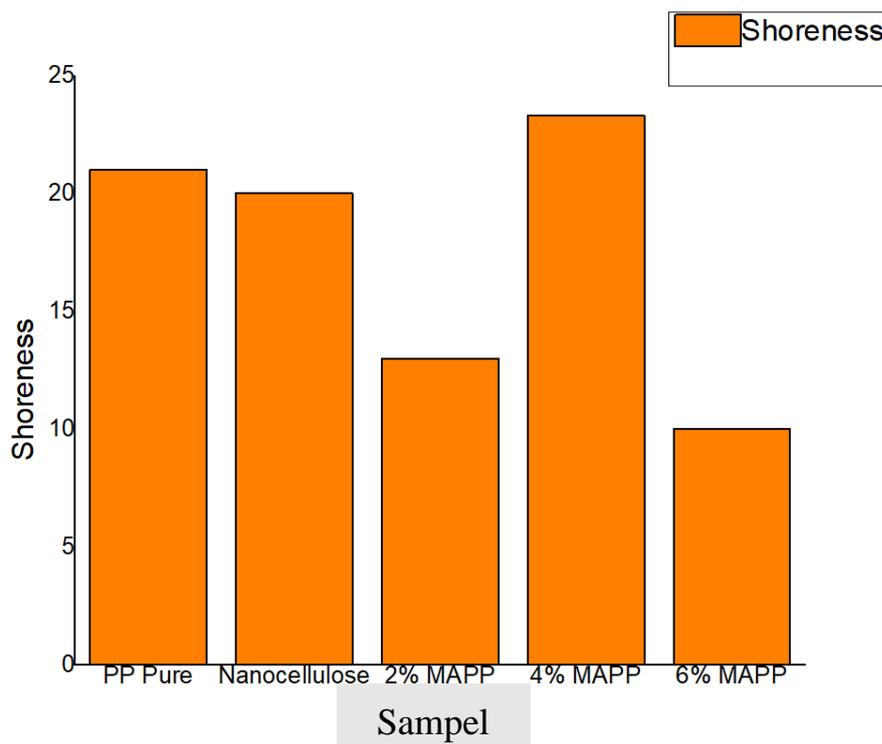
Bilangan Gelombang (terdapat puncak)	Jenis ikatan
1737	Ikatan ester pada gugus antara MAPP dan PP
1457	Ikatan Vibrasi gugus CH3 PP
1736	Ikatan Vibrasi gugus CH2 PP
3300	Ikatan -OH

4.5. Analisis Pengaruh Penambahan Persen MAPP terhadap Perubahan Hardness

Alat uji *hardness* digunakan dalam mengetahui *hardness* (uji kekerasan) pada material komposit dengan menggunakan *Durometer shore D* berdasarkan standar ASTM D2240 pengujian didapat data pada Tabel 4.5 Dibawah ini.

Tabel 4. 5 Hasil analisis pengujian hardness

Spesimen	Hardness (Shore D)
PP Murni	21
PP6% Nanoselulosa	20
PP6% Nanoselulosa+2% MAPP	13
PP6% Nanoselulosa+4% MAPP	23.3
PP6% Nanoselulosa+6% MAPP	10



Gambar 4. 6 Grafik Shore vs persentase penambahan MAPP

Berdasarkan Tabel 4.4 dan gambar 4.6 penambahan %MAPP memberikan pengaruh terhadap nilai hardness. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa pengujian *Hardness* tersebut semakin menurun seiring dengan adanya penambahan %MAPP. Namun hal anomali terjadi pada PP dengan tambahan 4% MAPP. Hal tersebut dapat terjadi akibat permukaan yang tidak rata,

sehingga dalam menahan tekanan kemampuannya akan turun akibat jumlah tekanan yang tidak terdistribusi disetiap sisi, hal ini yang menyebabkan nilai *Hardness* dapat berbeda. Namun seiring dengan penambahan selain 4% terus mengalami penurunan. Hal ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kasim. Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa jumlah persen MAPP menurunkan nilai *hardness*. Berdasarkan penelitian ini dan penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa penambahan MAPP berpengaruh pada nilai *hardness* suatu material.

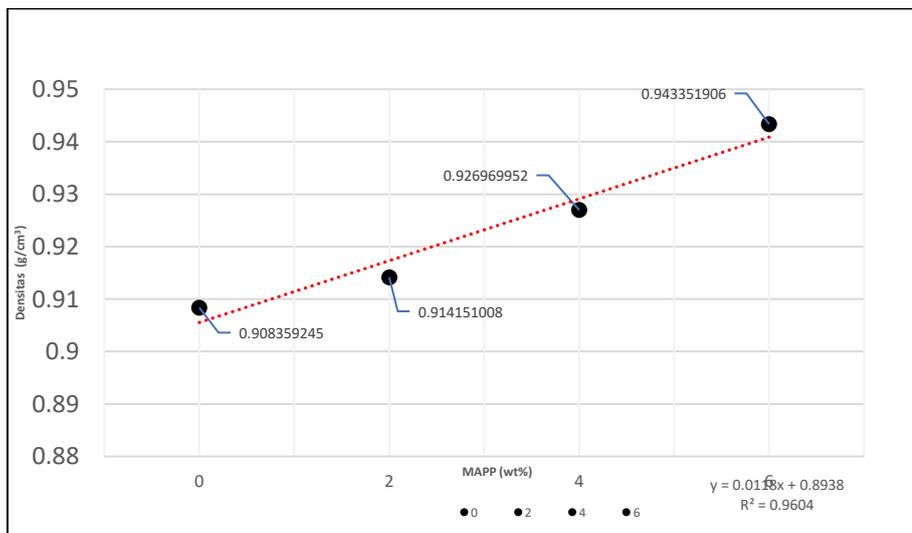
4.6. Analisis Pengaruh Penambahan Persen MAPP terhadap Pengujian Densitas

Pengujian densitas komposit dilakukan sesuai dengan standar ASTM D792 dengan media air. Pada Tabel 4.5 menunjukkan nilai densitas pada komposit *polypropylene* berpenguat nanoselulosa dan MAPP. Secara teori, densitas merupakan suatu besaran untuk menentukan seberapa padat suatu benda, dengan turunnya porositas, maka densitas akan semakin naik dan sebaliknya.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian densitas

Spesimen	Densitas (gr/cm ³)
<i>Polypropylene</i> Murni	0,920 ± 0,026
<i>Polypropylene</i> + 6% Nanoselulosa	0,908 ± 0,009
<i>Polypropylene</i> + 6% Nanoselulosa + 2% MAPP	0,914 ± 0,010
<i>Polypropylene</i> + 6% Nanoselulosa + 4% MAPP	0,926 ± 0,017
<i>Polypropylene</i> + 6% Nanoselulosa + 6% MAPP	0,943 ± 0,015

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai densitas dengan 6% Nanoselulosa mengalami penurunan. Sedangkan dengan naiknya %MAPP densitas semakin naik. Hal ini bersesuaian dengan turunnya porositas sebagaimana disajikan pada sub bab 4.3 tabel 4.3. Jumlah pori yang semakin sedikit menyebabkan material menjadi lebih padat, sehingga porositas suatu benda turun dan densitasnya naik. Hal ini bersesuaian dengan dengan teori bahwa semakin naik porositas, maka densitasnya akan semakin turun dan sebaliknya.



Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Penambahan MAPP terhadap Densitas Komposit *Polypropylene/6% Nanoselulosa*

Gambar 4.7 menunjukkan pengaruh penambahan MAPP dan *filler* nanoselulosa terhadap komposit *polypropylene*/nanoselulosa dan regresi linearnya. Seiring dengan penambahan % MAPP maka nilai densitas semakin meningkat, namun pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai densitas pada *polypropylene* murni setelah ditambahkan *filler* nanoselulosa. Tren linearistik pada Gambar 4.7 menunjukkan persamaan linear $y = 0,0118x + 0,8938$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9604 yang berarti variabel x (penambahan MAPP) berpengaruh terhadap variabel y (nilai densitas) sebesar 96,04%, sedangkan 3,96% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak diteliti. Penambahan nanoselulosa dapat menyebabkan nilai densitas menurun, hal ini disebabkan karena penambahan nanoselulosa dapat meningkatkan porositas, sehingga membuat nilai densitas menjadi lebih rendah (Lutfi,dkk, 2017). Di sisi lain, penambahan MAPP pada sebuah polimer atau komposit dapat meningkatkan gaya adhesi dan sifat wetting yang baik, oleh karena itu peningkatan nilai densitas pada komposit *polypropylene* yang menggunakan MAPP terlihat mengalami kenaikan (Erlangga, 2006), hal ini disebabkan karena gaya adhesi antar matriks dan *filler* menjadi semakin baik yang menyebabkan porositas pada sampel menjadi semakin kecil sesuai dengan jumlah % MAPP yang digunakan.

Tabel 4.7 Tabulasi Karakteristik Material Absorpsi Suara

Material	Koefisien Absorpsi Suara	Shore D (Shoreness)	Densitas (gr/cm^3)	Porositas (%)	Good or not
Referensi	ASTM E1050	ASTM D2240	ASTM D792	Hee Soo Kim (2007)	good
Standard (PP+6%N)	0-1	>20	$>0,908 \pm 0,009$	<46,745	Good
PP+6%N+2%MAPP	0,01-0,29	13	$0,914 \pm 0,010$	44,71	Not good
PP+6%N+4%MAPP	0,01-0,23	23,3	$0,926 \pm 0,017$	35,06	Good
PP+6%N+6%MAPP	0,02-0,32	10	$0,943 \pm 0,015$	30,89	Not good

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan MAPP terhadap Morfologi menyebabkan semakin sedikit dan berkurangnya jumlah pori maka porositas akan semakin menurun dengan ditambahkan 6% MAPP didapatkan nilai porositas 30,89%.
2. Penambahan MAPP terhadap Hardness menyebabkan menurunkan nilai Hardness pada suatu material yang didapatkan nilai kekerasan paling rendah 10 (shorenness) dengan penambahan 6%MAPP.
3. Penambahan MAPP terhadap Absorpsi Suara menyebabkan menurunkan nilai Koefisien Absorpsi Suara pada penambahan 4%MAPP dengan pengaruh banyaknya persebaran pori terhadap nilai Koefisien Absorpsi Suara.
4. Penambahan MAPP terhadap Sifat Tahan Bakar menyebabkan pengaruh terhadap laju pembakaran seiring bertambahnya MAPP pada suatu material.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan MAPP dengan jumlah yang lebih besar dengan menggunakan metode lain sesuai dengan rumpun keilmuan metalurgi untuk menguji performa penambahan MAPP terhadap *polyproplane*.
2. Melakukan penelitian dengan menggunakan variasi yang berbeda agar didapatkan performa yang bagus dari penambahan MAPP
3. Dilakukan penelitian yang lain untuk menunjang kebutuhan industri dan perkembangan teknologi ke depan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

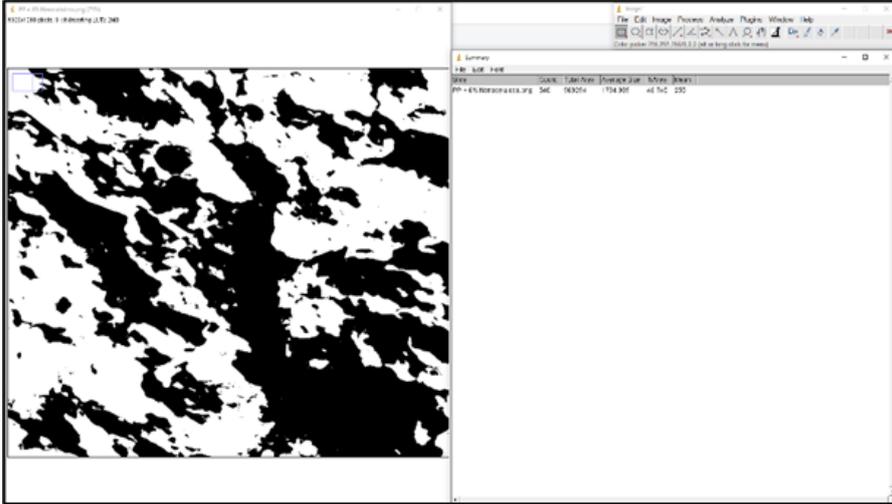
1. Bahri, S., Manik, T. dan Suryajaya. 2016. Pengukuran Sifat Akustik Material Dengan Metode Tabung Impedansi Berbasis Platform Arduino. *Jurnal Fisika FLUX* Vol. 13, No. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/flux.v13i2.3460>.
2. Callister, D. W. J. *Callister. Journal of Chemical Information and Modeling* vol. 53 (1981).
3. Callister, W. D. *Material Science and Engineer. J. Mater. Sci.* **26**, 3940–3944 (1991).
4. Effendi, D. B., Rosyid, N. H., Bayu, A. & Nandiyanto, D. *Jurnal integrasi proses Website*: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip> review: sintesis nanoselulosa 1 Program Studi Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, *Jl.* **5**, 61–74 (2015).
5. Gibson, R. F. *Principles of Composite Material Mechanics. Principles of Composite Material Mechanics* (2011). doi:10.1201/b14889.
6. Habibi, Y., Lucia, L. A. & Rojas, O. J. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. *Chem. Rev.* **110**, 3479–3500 (2010).
7. Hull, D. & Clyne, T. W. *An Introduction to Composite Materials (Cambridge Solid State Science Series)*. (1996).
8. Ilyas, R. A. *et al. Nanocellulose/Starch Biopolymer Nanocomposites: Processing, Manufacturing, and Applications. Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-Based Polymers* (Elsevier Inc., 2020). doi:10.1016/b978-0-12-819661-8.00006-8.
9. Ioelovich, M. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanosci. Nanotechnol.* **2**, 9–13 (2012).
10. Ir. Moh Farid, D. *et al. Effect of Nanocellulose on Acoustical and Thermal Insulation Properties of Silicone Rubber Composite*. (2019).
11. Jayamani, E., Hamdan, S., Rahman, M. R. & Bakri, M. K. Bin. Study of sound absorption coefficients and characterization of rice straw stem fibers reinforced polypropylene composites. *BioResources* [https://doi.org/10, 3378–3392](https://doi.org/10.3378-3392) (2015).
12. Kakani, S. L. & Kakani, A. *Material Science. (New Age International)*. (2006).
13. Kim, H. S., Lee, B. H., Choi, S. W., Kim, S. & Kim, H. J. The effect of types of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP) on the interfacial adhesion properties of bio-flour-filled polypropylene composites. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* **38**, 1473–1482 (2007).
14. Lutfi, Z., Farid, M. & Wibisono, A. T. *Studi Sifat Mekanik dan Fisik Bahan Akustik Silicone Rubber Berpenguat Filler Cangkang Kelapa Sawit*. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017).
15. Mediastika, C. E. *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. (Erlangga, 2006).
16. Mudgil, D. *The Interaction Between Insoluble and Soluble Fiber. Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease: Fiber's Interaction between Gut Microflora, Sugar Metabolism, Weight Control and Cardiovascular Health* (Elsevier Inc., 2017). doi:10.1016/B978-0-12-805130-6.00003-3.
17. Mørkholt, J., Hald, J. & Gade, S. Sound intensity measurements in vehicle interiors. *Sound Vib.* **45**, 12–14 (2011).
18. Ngo, T.-D. Natural Fibers for Sustainable Bio-Composites. *Nat. Artif. Fiber-Reinforced Compos. as Renew. Sources* (2018) doi:10.5772/intechopen.71012.
19. Park, J. M., Quang, S. T., Hwang, B. S. & DeVries, K. L. Interfacial evaluation of modified Jute and Hemp fibers/polypropylene (PP)-maleic anhydride polypropylene

- copolymers (PP-MAPP) composites using micromechanical technique and nondestructive acoustic emission. *Compos. Sci. Technol.* 66, 2686–2699 (2006).
20. Permenakertrans. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja Tahun 2011. *Peratur. Menteri Tenaga Kerja Dan Transm.* 39 (2011).
 21. Rachmadhani, D. & Farid, M. Karakterisasi Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa Serat Tandan. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017).
 22. Rahmasita, M. E. & Ir. Moh Farid, D. *Rekayasa Komposit Poliester Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Spray Untuk Aplikasi Penyerap Suara.* (2017).
 23. R. J. Moon, A. Martini, J. Nairn, J. Simonsen, & J. Youngblood, *Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites.* *Chemical Society Reviews* vol. 40 (2011).
 24. Ruijgrok, G. J. *Elements of aviation acoustics.* *Journal of Agricultural and Food Chemistry* vol. 59 (Delft University Press, 1993).
 25. Saba, N. & Jawaid, M. *Recent advances in nanocellulose-based polymer nanocomposites. Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites: Production, Properties and Applications* (Elsevier Ltd, 2017). doi:10.1016/B978-0-08-100957-4.00004-8.
 26. Samsudin, E.M., Ismail, L.H. dan Kadir, A.A., 2016, A Review On Physical Factors Influencing Absorption Performance of Fibrous Sound Absorption Material From Natural Fibers, *ARPN Journal of Engineering And Applied Sciences*, Vol.11, No. 6, Hal. 3703-3711
 27. Selamat, Mohd & Razi, Morteza & Kasim, Ayu & Dhar Malingam, Sivakumar & Putra, Azma & Yaakob, M.Y. & Daud, Mohd..Mechanical properties of starch composite reinforced by pineapple leaf fiber (PLF) from josapine cultivar. <https://doi.org/11.9783-9788> (2016).
 28. Shrivastava, A. *Introduction to Plastic Engineering.* (Elsevier Inc., 2018). doi:<https://doi.org/10.1016/C2014-0-03688-X>.
 29. Sirait, D. H. *Material Komposit.* (Erlangga, 2010).
 30. Sulistijono. *Mekanika Material Komposit.* (ITS, 2012).
 31. Tsoumis, G. *Wood As Raw Material. Wood As Raw Material* (Pergamon Press, 1968). doi:10.1016/c2013-0-02081-6.
 32. Valsiiev, V. V. & Morozov, E. V. *Mechanics and Analysis of Composite Materials. First Edition.* Elsevier (2001).
 33. Wang, W., Chen, H., & Li, J. (2021). Effects of Maleic Anhydride Grafted Polypropylene on the Physical, Mechanical and Flammability Properties of Wood flour/Polypropylene/Ammonium Polyphosphate Composites. *Fibers and Polymers*, 22(4), 1137–1144. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-0202-z>
 34. William D. Callister, Jr., D. G. R. *Material Science and Engineering; An Introduction. Mater. Sci. Eng. an Introd.* 1, 250–255 (2010).
 35. Zaferani, S. H. *Introduction of polymer-based nanocomposites. Polymer-based Nanocomposites for Energy and Environmental Applications: A volume in Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering* (Elsevier Ltd., 2018). doi:10.1016/B978-0-08-102262-7.00001-5.

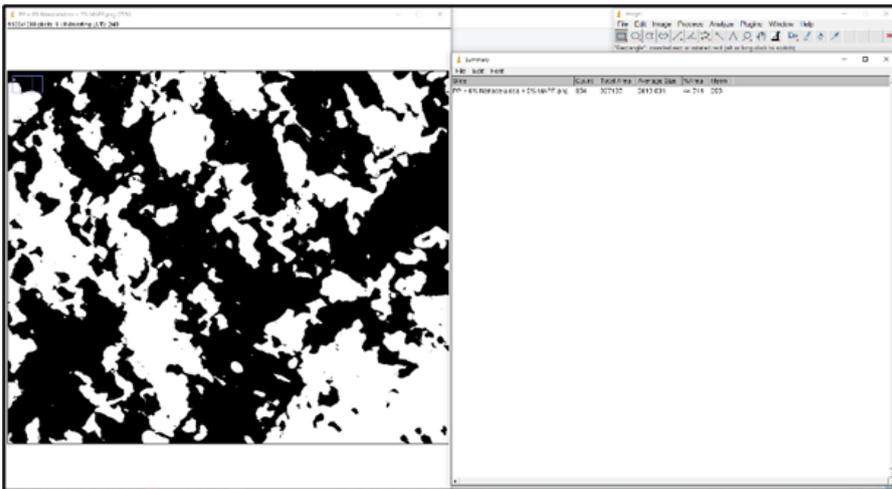
LAMPIRAN

Lampiran 1: *Threshold* Porositas Aplikasi *ImageJ*

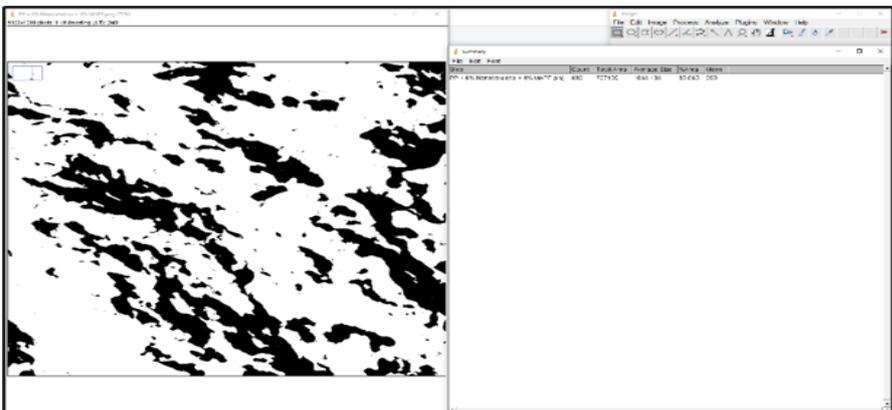
1. Sampel *Polypropylene/6% Nanoselulosa*

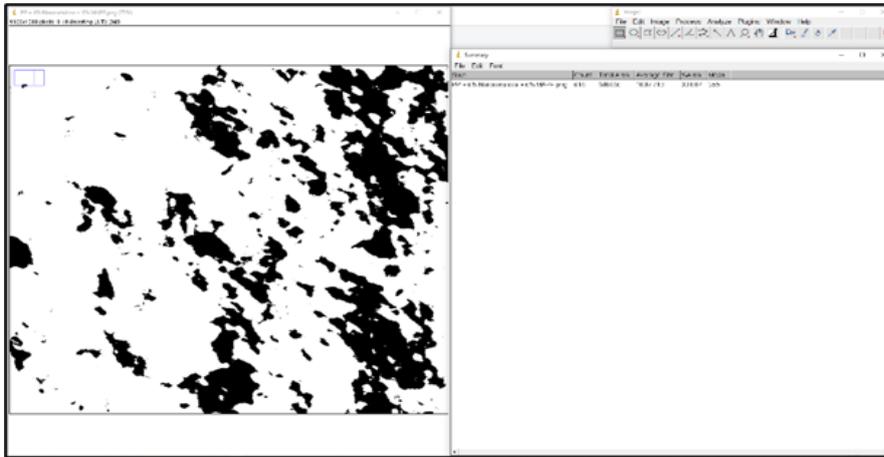


2. Sampel *Polypropylene/6% Nanoselulosa/2% MAPP*



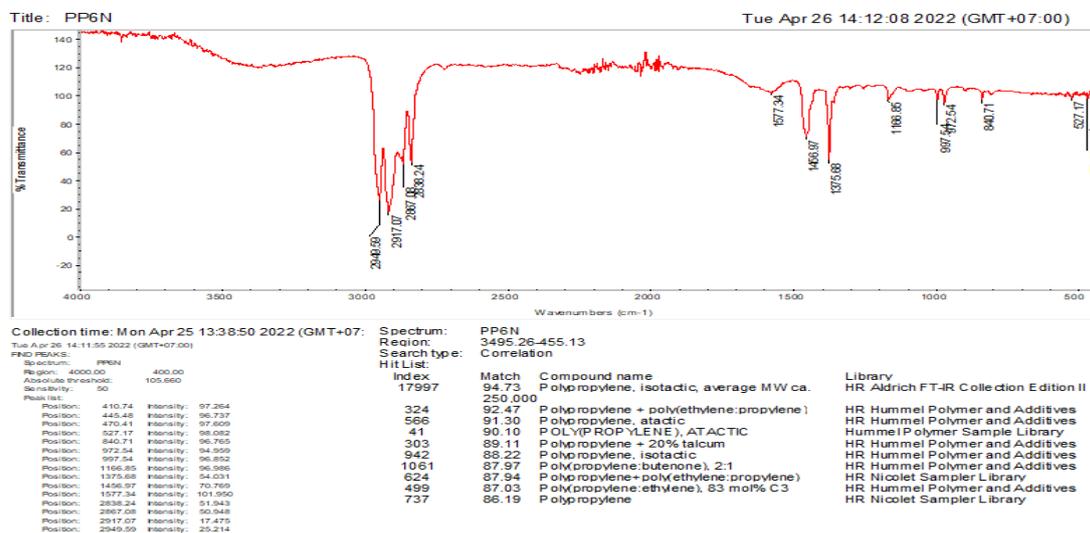
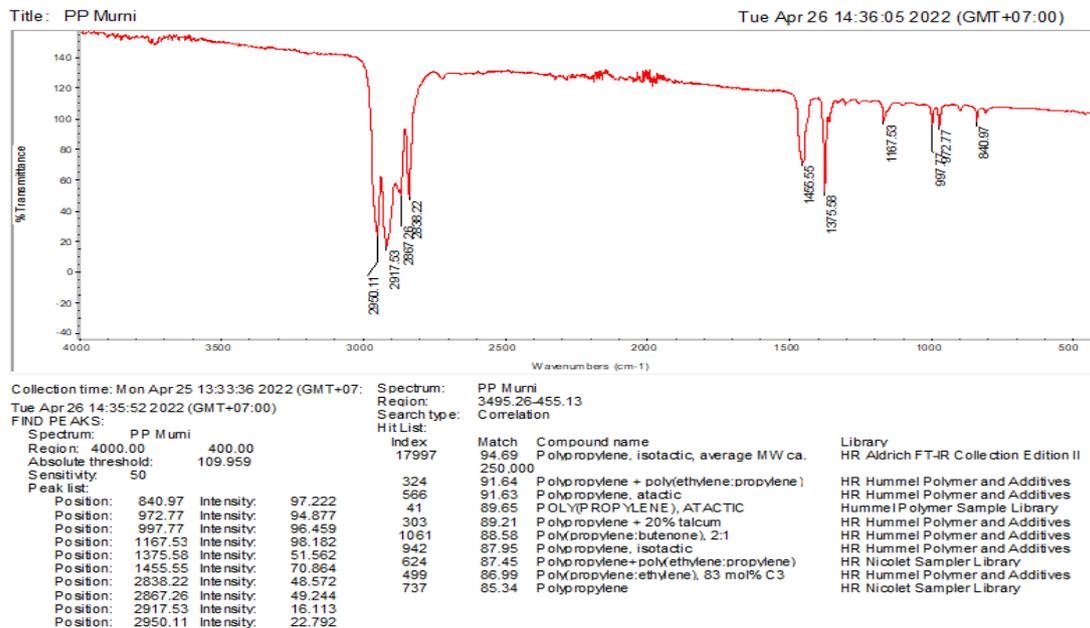
3. Sampel *Polypropylene/6% Nanoselulosa/4% MAPP*



4. Sampel *Polypropylene/6%Nanoselulosa/6%MAPP*

Lampiran 2: Perhitungan Densitas Komposit

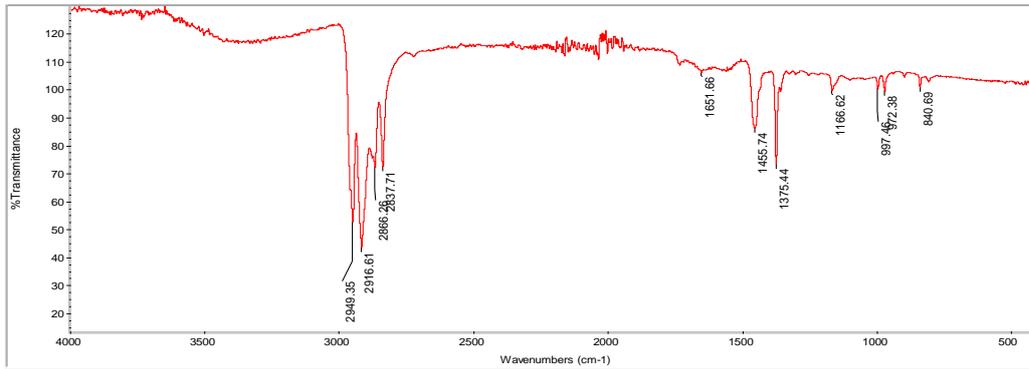
Spesimen	PP Murni	PP/6N	PP/6N/2M	PP/6N/4M	PP/6N/6M
Massa di Udara (g)	0,2052	0,2173	0,2273	0,2588	0,2906
	0,2427	0,2124	0,2428	0,2769	0,2281
	0,2649	0,2118	0,1725	0,2512	0,1786
Massa di Air (g)	0,1837	0,1992	0,2063	0,236	0,2703
	0,2245	0,1912	0,2252	0,2624	0,2157
	0,2513	0,1938	0,1577	0,2332	0,1717
Specific Gravity	0,8952	0,9167	0,9076	0,9119	0,9301
	0,9250	0,9002	0,9275	0,9476	0,9456
	0,9487	0,9150	0,9142	0,9283	0,9614
Densitas (g/cm ³)	0,8930	0,9144	0,9053	0,9096	0,9278
	0,9227	0,8979	0,9252	0,9453	0,9433
	0,9463	0,9127	0,9119	0,9260	0,9590
Densitas Rata-rata (g/cm ³)	0,9207	0,9084	0,9142	0,9270	0,9434
Standar Deviasi	0,0267	0,0091	0,0101	0,0178	0,0156

Lampiran 3: Hasil Uji FTIR



Title: PP6N2M

Tue Apr 26 14:37:40 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Mon Apr 25 13:26:19 2022 (GMT+07:00)
Tue Apr 26 14:37:30 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Region:	4000.00	400.00
Absolute threshold:	108.919	
Sensitivity:	50	
Peak list:		
Position:	840.69	Intensity: 100.702
Position:	972.38	Intensity: 99.181
Position:	997.46	Intensity: 100.088
Position:	1166.62	Intensity: 99.424
Position:	1375.44	Intensity: 72.741
Position:	1455.74	Intensity: 85.835
Position:	1651.66	Intensity: 105.881
Position:	2837.71	Intensity: 72.194
Position:	2866.26	Intensity: 71.827
Position:	2916.61	Intensity: 43.261
Position:	2949.35	Intensity: 52.253

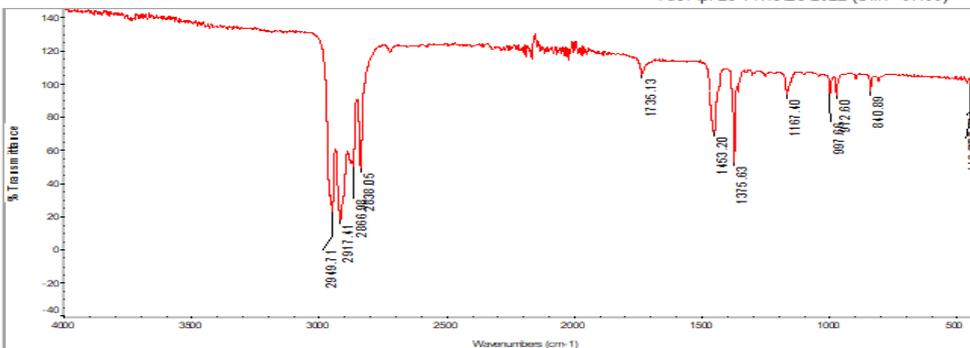
Spectrum: PP6N2M
Region: 3495.26-455.13
Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
17997	92.24	Polypropylene, isotactic, average MW ca. 250,000	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
324	89.17	Polypropylene + poly(ethylene:propylene)	HR Hummel Polymer and Additives
303	85.46	Polypropylene + 20% talcum	HR Hummel Polymer and Additives
566	85.15	Polypropylene, atactic	HR Hummel Polymer and Additives
41	84.46	POLY(PROPYLENE), ATACTIC	Hummel Polymer Sample Library
624	81.99	Polypropylene+poly(ethylene:propylene)	HR Nicolet Sampler Library
942	81.88	Polypropylene, isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
323	81.55	Polypropylene + poly(ethylene:propylene)	HR Hummel Polymer and Additives
1061	81.40	Poly(propylene:butenone), 2:1	HR Hummel Polymer and Additives
499	80.16	Poly(propylene:ethylene), 83 mol% C3	HR Hummel Polymer and Additives

Title: PP6N4M

Tue Apr 26 14:43:23 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Mon Apr 25 13:28:14 2022 (GMT+07:00)
Tue Apr 26 14:42:28 2022 (GMT+07:00)

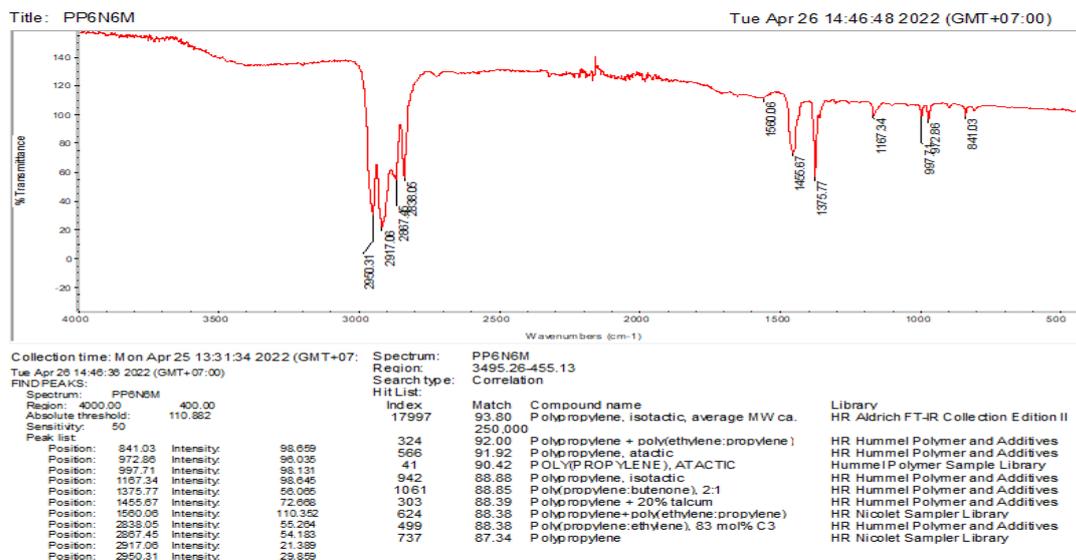
FIND PEAKS:

Region:	4000.00	400.00
Absolute threshold:	107.072	
Sensitivity:	50	
Peak list:		
Position:	415.96	Intensity: 98.795
Position:	430.87	Intensity: 98.219
Position:	448.25	Intensity: 100.127
Position:	840.88	Intensity: 98.226
Position:	972.00	Intensity: 92.546
Position:	997.96	Intensity: 99.809
Position:	1167.44	Intensity: 93.198
Position:	1375.63	Intensity: 92.151
Position:	1463.20	Intensity: 70.416
Position:	1735.13	Intensity: 105.409
Position:	2837.71	Intensity: 48.313
Position:	2866.26	Intensity: 49.314
Position:	2917.11	Intensity: 17.522
Position:	2949.71	Intensity: 22.657

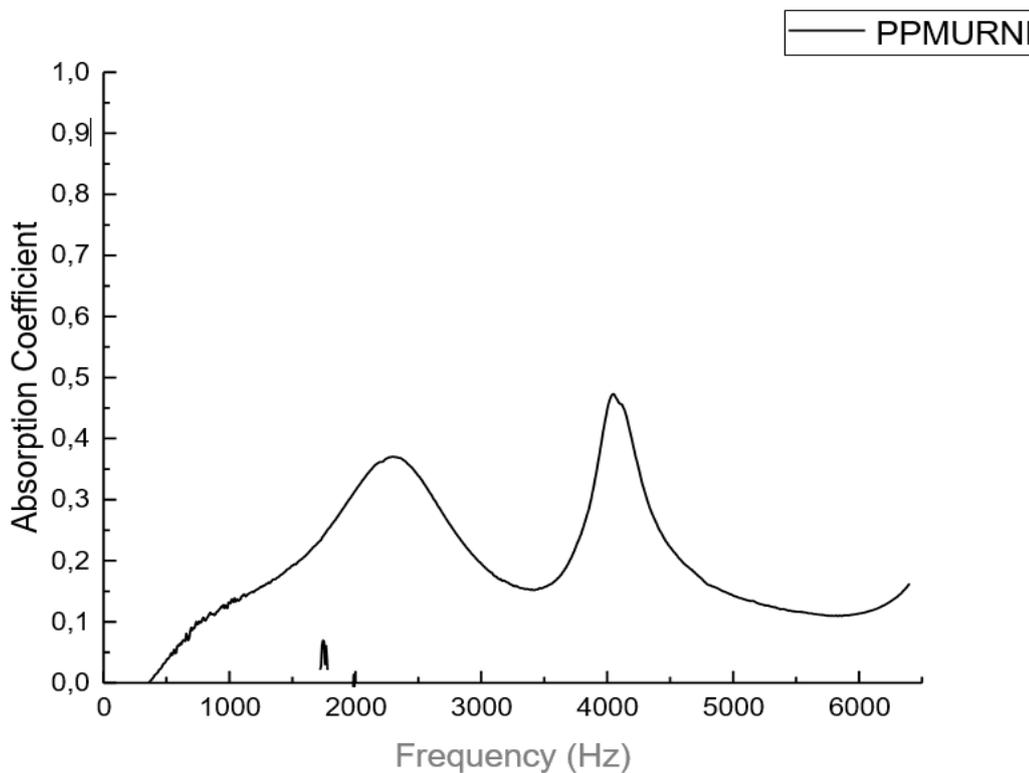
Spectrum: PP6N4M
Region: 3495.26-455.13
Search type: Correlation

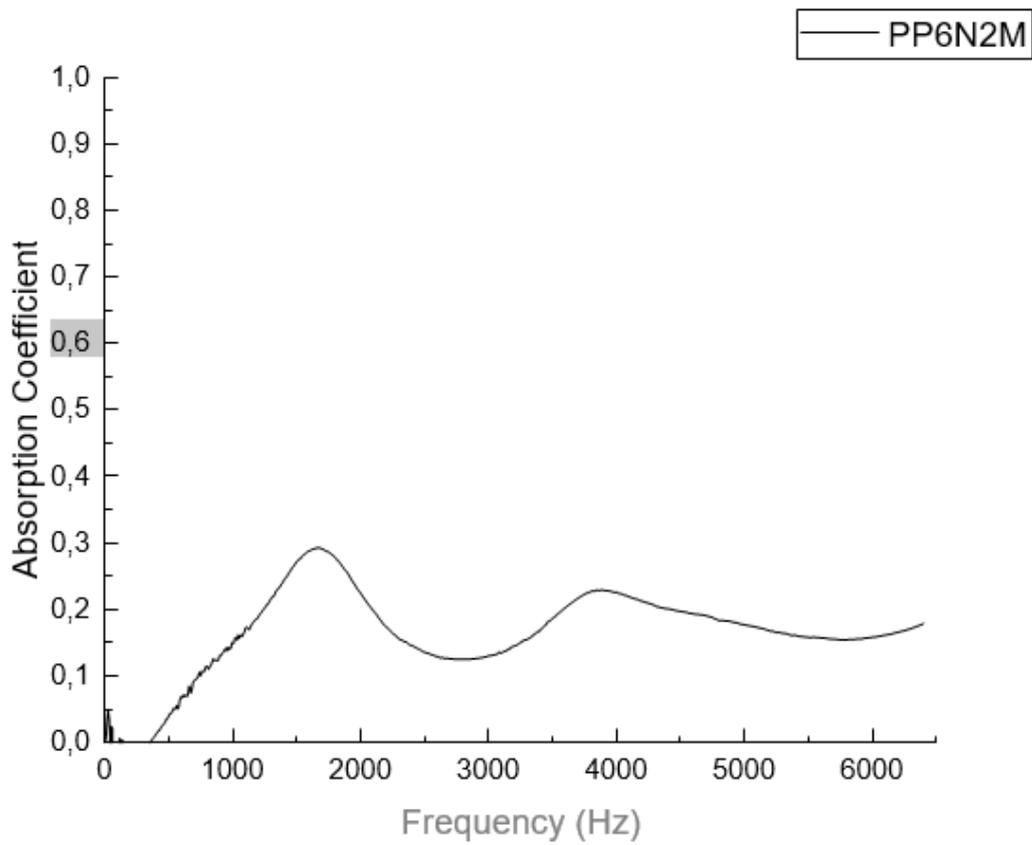
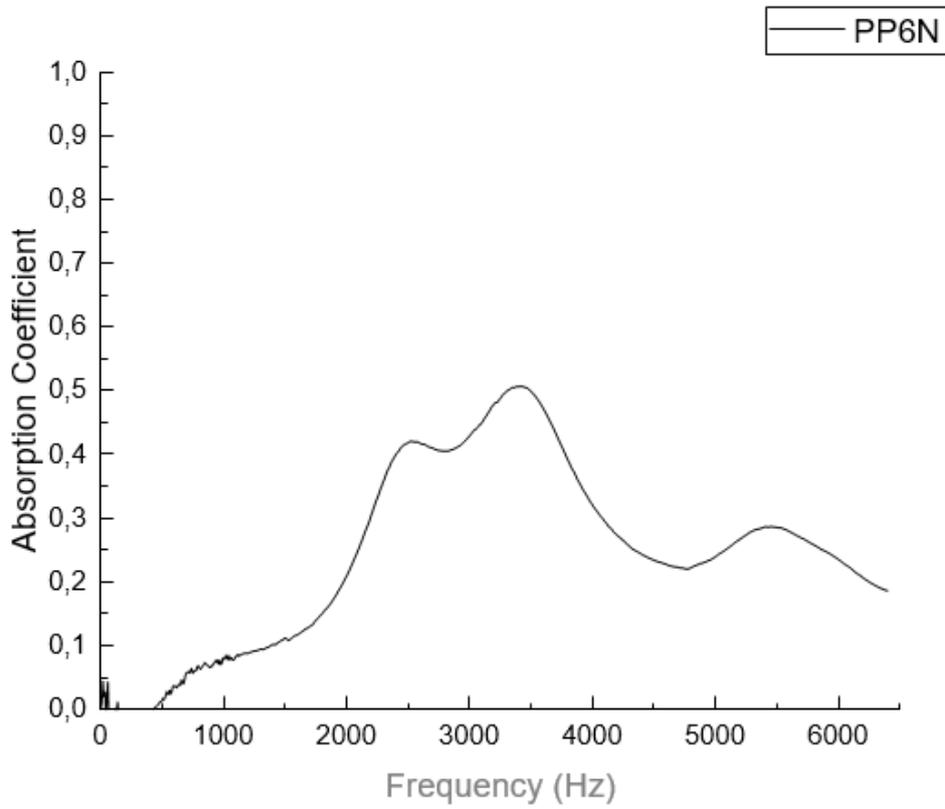
Hit List:

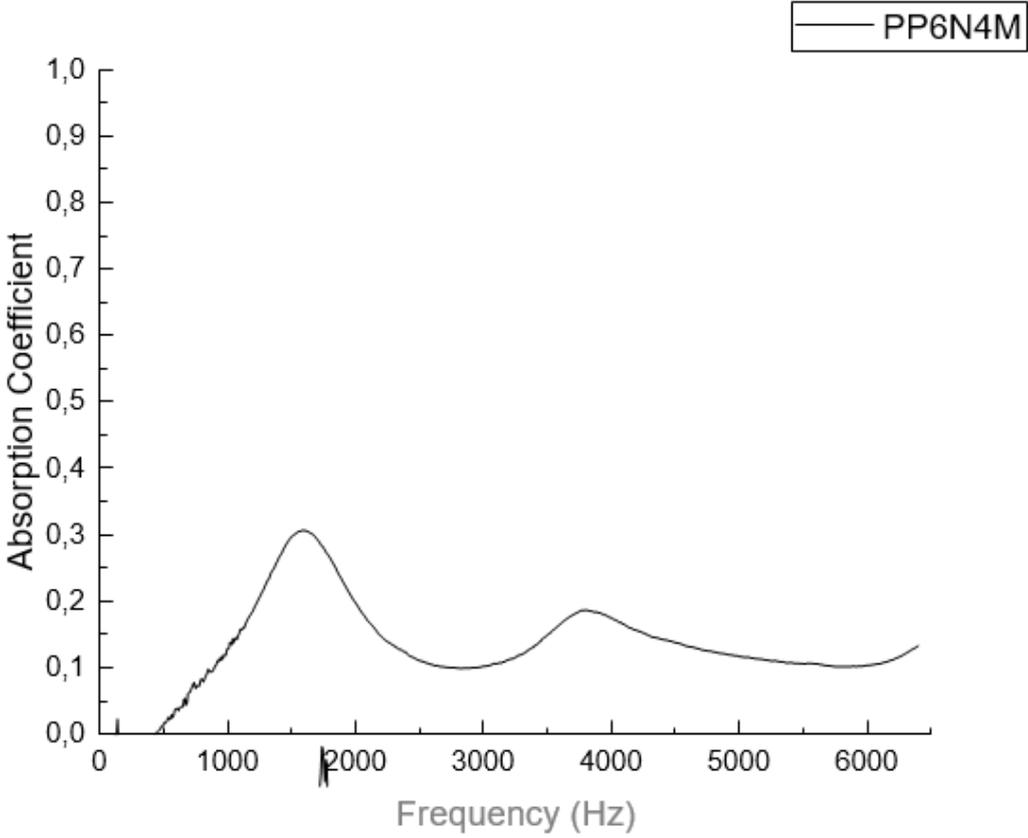
Index	Match	Compound name	Library
17997	96.07	Polypropylene, isotactic, average MW ca. 250,000	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
324	92.56	Polypropylene + poly(ethylene:propylene)	HR Hummel Polymer and Additives
566	91.89	Polypropylene, atactic	HR Hummel Polymer and Additives
41	90.58	POLY(PROPYLENE), ATACTIC	Hummel Polymer Sample Library
303	90.02	Polypropylene + 20% talcum	HR Hummel Polymer and Additives
942	88.68	Polypropylene, isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
1061	88.34	Poly(propylene:butenone), 2:1	HR Hummel Polymer and Additives
624	87.80	Polypropylene+poly(ethylene:propylene)	HR Nicolet Sampler Library
499	86.41	Poly(propylene:ethylene), 83 mol% C3	HR Hummel Polymer and Additives
737	85.71	Polypropylene	HR Nicolet Sampler Library

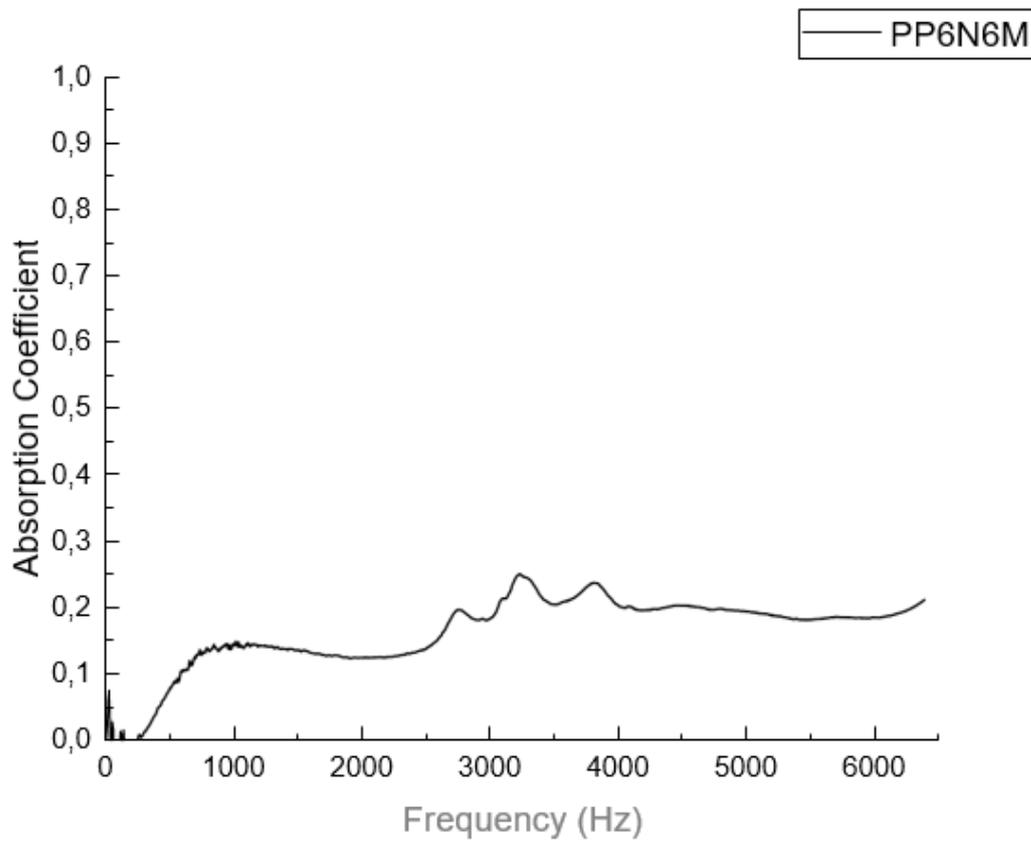


Lampiran 4: Hasil Uji Absorpsi Suara











Lampiran 5: Hasil Uji Hardness

Percobaan	PP Murni	PP6N	PP6N2M	PP6N4M	PP6N6M
1	22	20	13	20	8,5
2	20	20	13	25	10
3	21	20	14	26	11
Rata-rata	21	20	13	23,3	10

PP MURNI :



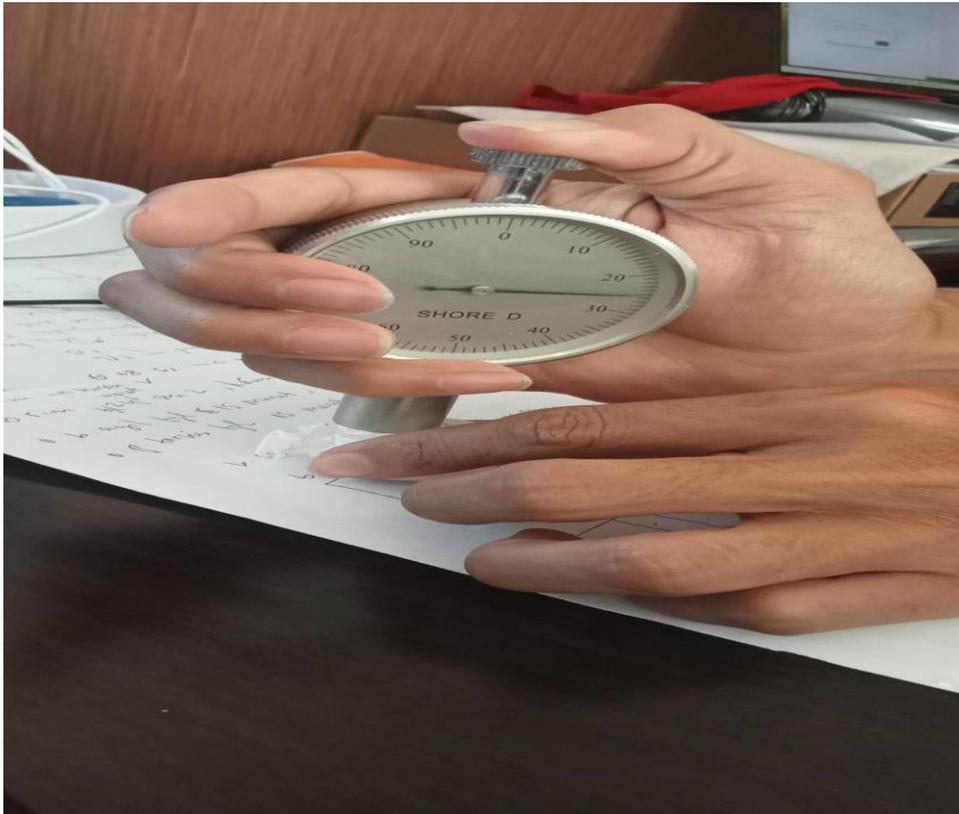
PP6N :



PP6N2M :



PP6N4M :



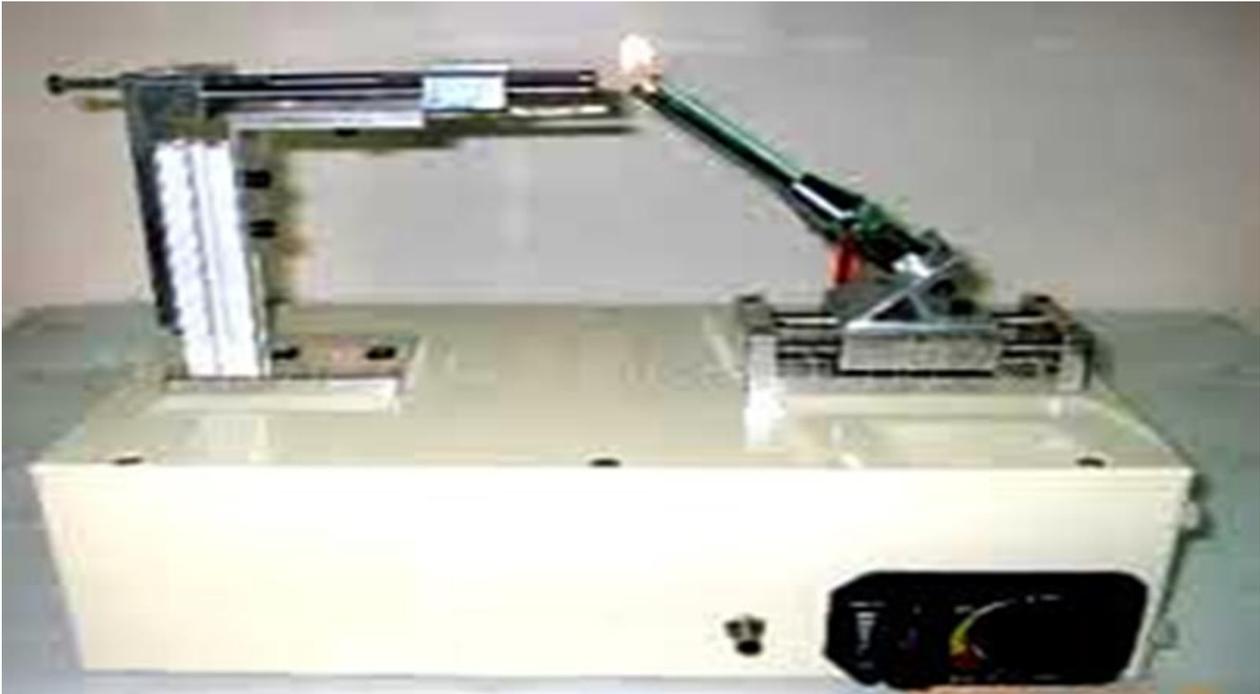
PP6N6M :



Lampiran 6: Hasil Uji Flame Retardant :

Spesimen	Waktu Terbakar (detik)	Jarak Terbakar (mm)	Rata-rata Kecepatan Bakar (mm/s)
PP Murni 1	193.8	75	0.386996904
PP Murni 2	201.6	75	0.37202381
PP Murni 3	196.2	75	0.382262997
PP Murni 4	200.4	75	0.374251497
Rata-rata	198	75	0.378787879





UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan laporan penelitian Tugas Akhir (TA) ini, penulis juga mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu. Diantaranya:

1. Bapak Haniffudin Nurdiansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah sabar dalam membimbing dan memberikan banyak ilmu pengetahuan serta masukan.
2. Bapak Ir Moh Farid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar dalam membimbing, serta memberikan banyak masukan sekaligus arahan kepada penulis dalam proses menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Keluarga besar penulis yang tak henti-hentinya memberikan doa dan semangat.
4. Kedua orang tua, kakak dan adik penulis yang selalu mendoakan, memberi semangat dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Safana Nada Firdaus yang senantiasa memberi semangat dan doa selama penulis menyusun laporan ini.
6. Darel Muflih Arrahman yang senantiasa menjadi support system selama penulisan Menyusun laporan ini.
7. Keluarga Besar “Kos Family” yang selalu ikhlas membantu dan menjadi semangat dalam Menyusun laporan ini.
8. Keluarga Besar “Persilatan Duniawi” Pak Basuki, Pak Nasir, Pak Suroto, Mas Indro, dan Mas Dayat yang senantiasa memberi arahan dan juga semangat selama penyusunan laporan ini.
9. Andiyana Ilham W., Nugraha Wahyu P, Arananda Krisdoy S, sebagai tim “TA Militer Komkay” yang telah saling membantu dan berjuang bersama selama penelitian.
10. BSO MB HMMT 19/20 dan BSO MB HMMT 20/21 yang memberikan pengalaman organisasi yang penuh warna selama di kepengurusan HMMT.
11. Keluarga besar MT20 yang selalu memberikan semangat selama perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir.
12. Mas Mbak, MT17, MT18 dan adik-adik MT21, MT22 yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman selama perkuliahan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Banjarmasin pada 23 Juli 1999. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Muhammad Sulukin dan Siti Rofi'ah. Penulis menempuh pendidikan formal dari SD Negeri 2 Nambangrejo Ponorogo pada 2005 – 2011, SMP Negeri 6 Ponorogo pada 2011 – 2014, SMK Negeri 1 Jenangan Ponorogo pada 2014 – 2017. Kemudian penulis meneruskan kuliah di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama berkuliah, penulis menjadi bagian pengurus dari Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) FTI-ITS. Penulis memiliki pengalaman Kerja Praktik (KP) pada tahun 2021 di PT Sumiden Serasi Wire Product bertempat di Bogor, perusahaan ini bergerak di bidang industri dengan memproduksi kawat baja khusus. Dalam menyelesaikan pendidikan S1, penulis menyusun penelitian pada bidang Inovasi Material (Komposit Serat Alam) dengan judul “Pengaruh Penambahan *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP) Terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, Dan Sifat Absorpsi Suara pada Komposit *Polypropylene* dengan *filler* Nanoselulosa”. Penulis dapat dikontak melalui email: yuslamalfariz99@gmail.com