No. Dok.: 5975
Copy: 1

D
668-41
Put
P

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK BERBAHAN BAKU PATI UBI KAYU LOKAL DENGAN PENGUAT SERAT NANOSELULOSA

DI PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL-LIPI, CIBINONG

(November 2018 - Juli 2019)

DA... BU...PERPUSTAKAAN
Tg... 4/10/2021
No ...auk Buku 15/TKP/SB/21

OLEH:

SEBRINA ERITA PUTRI 1515009

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA

2019

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK BERBAHAN BAKU PATI UBI KAYU LOKAL DENGAN PENGUAT SERAT NANOSELULOSA

DI PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL LIPI, CIBINONG

(November 2018 - Juli 2019)

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta

OLEH:

SEBRINA ERITA PUTRI 1515009

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK BERBAHAN BAKU PATI UBI KAYU LOKAL DENGAN PENGUAT SERAT NANOSELULOSA

DISUSUN OLEH :

NAMA : SEBRINA ERITA PUTRI

NIM : 1515009

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 8 Juli 2019

Menyetujui,	Dosen Pembimbing
Ketua Program Studi	
Teknik Kimia Polimer	
Ir. Roosmariharso, MBA	Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019	NIDK. 8873590019

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK BERBAHAN BAKU PATI UBI LOKAL DENGAN PENGUAT SERAT NANOSELULOSA

DISUSUN OLEH:

NAMA : SEBRINA ERITA PUTRI

NIM : 1515009

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Cibinong, 9 Juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
LIPI
P2 BIOMATERIAL

Nanang Masruchin, Ph.D

NIP. 198107022008011008

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

POLITEKNIK STMI JAKARTA
d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI
Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id

Nomor : 104 /SJ-IND.7.2/X/2018
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 03 Oktober 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Biomaterial
Jl. Raya Bogor KM 46 Cibinong Bogor 16911

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Sebrina Erita Putri	1515009	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:
1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCE)
PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL
(RESEARCH CENTER FOR BIOMATERIALS)
Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor 16911, Indonesia
Telp. +6221 87914511, Fax. (+6221) 87914510, E-mail: kontak@biomaterial.lipi.go.id
Website: www.biomaterial.lipi.go.id

No. 3-nn/IPH.4/KS.02.03/III/2018 Cibinong, 16 Oktober 2018
Lampiran : -
Perihal : Perizinan Penelitian

Yth. Pembantu Direktur 1
Politeknik STMI Jakarta
Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta

Menjawab surat Saudara No.104/SJ-IND.7.2/X/2018 tanggal 03 Oktober 2018, perihal Izin Penelitian, dengan ini kami sampaikan, bahwa pada prinsipnya Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI tidak berkeberatan dan dapat menerima Mahasiswi berikut :

Nama	: Sebrina Erita Putri
NIM	: 1515009

Untuk melakukan permohonan penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI yang akan dibimbing oleh Nanang Masruchi, Ph.D kurang lebih selama 6 (enam) bulan.

Biaya bimbingan sebesar Rp 500.000/mahasiswa/6 bulan, dapat dibayarkan melalui Bendahara Penerimaan Pusat Penelitian Biomaterial. Konfirmasi pelaksanaan pembayaran harus diberitahukan kepada Pusat Penelitian Biomaterial melalui Kasubbid Diseminasi dan Kerjasama dalam waktu 1x24 jam setelah pelaksanaan pembayaran.

Adapun informasi mengenai ketentuan yang wajib dipenuhi oleh mahasiswa yang akan melakukan Praktek Lapangan/Magang/Penelitian di instansi kami, dapat diperoleh di bagian kerjasama Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI.
Demikian kami sampaikan, atas perhatian yang diberikan kami ucapkan terimakasih.

Kepala,

Prof. Dr. Sulaeman Yusuf, M.Agr

Tembusan:
1. Kepala Bidang PDHP Pusit Biomaterial - LIPI
2. Kepala Bagian Tata Usaha Pusit Biomaterial - LIPI

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Sebrina Erita Putri

NIM : 1515009

Judul Tugas Akhir : Pengembangan Bioplastik Berbahan Baku Pati Ubi Kayu Lokal dengan Penguat Serat Nanoselulosa

Pembimbing : Ir. Roosmariharso, MBA

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
2/9/2019	Proposal	-Revisi proposal	
26/9/2019	I	-Revisi latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian	
19/5/2019	II	- Revisi Tinjauan Pustaka	
17/5/2019	II	-Revisi tinjauan pustaka -Revisi metode penelitian	
29/5/2019	II	-Revisi tinjauan pustaka -Revisi metode penelitian	
17/6/2019	III	- Revisi skema prosedur penelitian	
21/6/2019	III	- Revisi metode penelitian -Revisi Hasil & Pembahasan	
24/6/2019	IV	- Revisi hasil pembahasan & pengujian - Revisi hasil pengujian UTM & FTIR	
1/7/2019	IV	- Revisi hasil Analisa pengujian kekuatan tarik, pemanjangan & gugus fungsi, kesimpulan & saran	
9/7/2019	IV	-Revisi hasil & pembahasan - Revisi kesimpulan & saran	
11/7/2019	V	-Revisi kesimpulan & saran, - Revisi daftar pustaka	
15/7/2019	PPT	- Revisi PPT	
18/7/2019	PPT	- Revisi PPT	

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Kimia Polimer

Ir. Roosmariharso, MBA

NIDK. 8873590019

Pembimbing

Ir. Roosmariharso, MBA

NIDK. 8873590019

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR:

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK BERBAHAN BAKU PATI UBI KAYU LOKAL DENGAN PENGUAT SERAT NANOSELULOSA

DISUSUN OLEH :

NAMA : SEBRINA ERITA PUTRI

NIM : 1515009

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 21 Agustus 2019.

Jakarta, September 2019

Penguji 1	Penguji 2
Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng	Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.
NIP. 198505112014022001	NIP. 195702141985031002

Penguji 3	Dosen Pembimbing
Syaiful Ahsan, S.T., M.T.	Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 19840716201402001	NIDK. 8873590019

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Sebrina Erita Putri

NIM : 1515009

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul Pengembangan Bioplastik Berbahan Baku Pati Ubi Kayu Lokal dengan Penguat Serat Nanoselulosa:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, 21 Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan

Sebrina Erita Putri

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, berkat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Pengembangan Bioplastik Berbahan Baku Pati Ubi Kayu Lokal dengan Penguat Serat Nanoselulosa". Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Pada kesempatan ini, penyusun juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung selama pelaksanaan dan penyusunan laporan ini terutama kepada:

1. Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua, kakak dan seluruh keluarga besar saya yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan semangat kepada penyusun selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer dan dosen pembimbing Tugas Akhir di Politeknik STMI Jakarta.
5. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T. M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
6. Bapak Nanang Masruchin, Ph.D selaku pembimbing penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Cibinong.
7. Ibu Dr. Firda Aulya Syamani, S.TP., M.Si. selaku pembimbing kedua di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Cibinong.
8. Bapak Fazhar Akbar yang telah membantu penyusun dalam proses pengujian UTM.
9. Seluruh karyawan di Laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Cibinong.
10. Nur Jayanti, Julyana dan sahabat yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

11. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 selaku kawan seperjuangan yang telah memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penyusun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir. Semoga Laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2019

Penyusun

ABSTRAK

Teknologi produksi bioplastik yang memanfaatkan dari bahan alami dan ramah lingkungan mulai dikembangkan. *Film* bioplastik berbahan dasar pati relatif mudah diproduksi dan bahan baku mudah diperoleh. Salah satu *film* bioplastik berbahan dasar pati yang perlu dikembangkan yaitu pati ubi kayu dan pati *mocaf* di mana pati *mocaf* berasal dari ubi kayu yang sudah diproses dengan cara fermentasi bakteri asam laktat. Tujuan Tugas Akhir ini untuk mengetahui pengaruh penambahan serat nanoselulosa (*Cellulose Nanofibrils* -CNF) dengan variasi gliserol 0,5%, 5% dan 10% terhadap karakteristik sifat mekanis dan gugus fungsi bioplastik yang dihasilkan. Pembuatan bioplastik ini dilakukan dengan metode *casting* dengan menggunakan gliserol sebagai *plasticizer* dan penambahan serat nanoselulosa sebagai penguat, sedangkan untuk pengujiannya menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk menguji kekuatan tarik dan elongasi dan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi *film* bioplastik pati ubi kayu dan *film* bioplastik pati *mocaf*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penambahan serat nanoselulosa dapat meningkatkan kekuatan tarik dan elongasi *film* bioplastik yang dihasilkan di mana pada pati ubi kayu/serat nanoselulosa kekuatan tarik tertinggi yaitu 6,443 N/mm², sedangkan pati *mocaf*/serat nanoselulosa kekuatan tarik tertinggi yaitu 4,995 N/mm², elongasi *film* bioplastik pati ubi kayu/serat nanoselulosa dan pati *mocaf*/serat nanoselulosa tertinggi yaitu pada persentase berat gliserol 5% masing-masing sebesar 1,35% dan 2,42% dan tidak terdapatnya gugus fungsi baru dari bioplastik yang dihasilkan.

Kata kunci: bioplastik, pati ubi kayu, pati *mocaf*, serat nanoselulosa, kekuatan tarik, gugus fungsi.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR iv
LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR v
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR vi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR vii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ix
KATA PENGANTAR x
ABSTRAK xii
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN xix
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Bioplastik 5
2.2 Ubi Kayu 5
2.3 Pati 6
2.4 Pati Ubi Kayu 8
2.5 Pati *Mocaf* 9
2.6 Selulosa 11

2.7 Nanoselulosa 12
2.8 Zat Aditif 15
2.8.1 *Plasticizer* 16
2.8.2 Gliserol 17
2.9 Karakterisasi Sampel 18
2.9.1 Karakteristik Sifat Mekanis *Film* Bioplastik 18
2.9.2 Karakteristik Gugus Fungsi *Film* Bioplastik 19
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 23
3.2.1 Alat yang digunakan 23
3.2.2 Bahan yang digunakan 23
3.3 Variabel Penelitian 24
3.3.1 Variabel Tetap 24
3.3.2 Variabel Bebas 24
3.4 Diagram Alir Proses Pembuatan *Film* Bioplastik 24
3.5 Prosedur Penelitian 26
3.5.1 Persiapan bahan baku 26
3.5.2 Pencampuran Bahan 26
3.5.3 Pencetakan dan Pengeringan 27
3.6 Pengujian hasil 27
3.6.1 Pengujian Sifat Mekanis 27
3.6.2 Pengujian Gugus Fungsi 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Hasil Pembuatan *Film* Bioplastik 30
4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik *Film* Bioplastik 31
4.3 Hasil Pengujian Elongasi *Film* Bioplastik 34
4.4 Hasil Pengujian Gugus Fungsi *Film* Bioplastik 36
4.4.1 *Film* Bioplastik Pati Ubi Kayu/Serat Nanoselulosa 36
4.4.2 *Film* Bioplastik Pati *Mocaf*/Serat Nanoselulosa 39

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 41

5.2 Saran 41

DAFTAR PUSTAKA 43

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II.1 Struktur Amilosa (a) dan Amilopektin (b)..... 6
Gambar II.2 Morfologi Pati Ubi Kayu menggunakan SEM..... 9
Gambar II.3 Morfologi Pati *Mocaf* menggunakan SEM..... 11
Gambar II.4 Stuktur Selulosa..... 12
Gambar II.5 Prospek Aplikasi Nanoselulosa dalam Teknologi Material Maju....13
Gambar II.6 Dua Bentuk Nanoselulosa Komersial..... 13
Gambar II.7 Nanoselulosa Murni *Cellulose Nanofibrils* (CNF) 14
Gambar II.8 Morfologi Serat Nanoselulosa (CNF) menggunakan TEM 15
Gambar II.9 Proses Polimer Terplastifikasi..... 16
Gambar II.10 Rumus Struktur Gliserol..... 17
Gambar II.11 Alat Uji Kekuatan Tarik..... 19
Gambar II.12 Prinsip Kerja FTIR..... 20
Gambar II.13 Jenis-Jenis Vibrasi Molekul..... 21
Gambar III.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian Pembuatan *Film* Pati Ubi Kayu/Serat Nanoselulosa dan Pati *Mocaf*/Serat Nanoselulosa..... 25
Gambar III.2 Proses Pengujian Sifat Mekanis Sampel (a) Sampel (b) Penjepitan Sampel pada Alat UTM..... 28
Gambar III.3 *Fourier Transform Infrared (FTIR)* 28
Gambar IV.1 Film Bioplastik tanpa Penambahan Serat Nanoselulosa: (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf* 30
Gambar IV.2 Film Bioplastik dengan Penambahan Serat Nanoselulosa: (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*..... 30
Gambar IV.3 Pengaruh Penambahan Persentase Berat Gliserol dan Serat Nanoselulosa Terhadap Kekuatan Tarik *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*..... 33
Gambar IV.4 Pengaruh Penambahan Persentase Berat Gliserol dan Serat Nanoselulosa Terhadap Elongasi *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*..... 35

Gambar IV.5 Spektra FTIR *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati Ubi Kayu dengan Serat Nanoselulosa 37
Gambar IV.6 Spektra FTIR *Film* Bioplastik (a) Pati *Mocaf* (b) Pati *Mocaf* dengan Serat Nanoselulosa 39

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel II.1 Komposisi Kimia Pati Ubi Kayu.....8
Tabel II.2 Kandungan Amilosa dan Amilopektin pada Ubi Kayu.....8
Tabel II.3 Karakteristik Gliserol..... 17
Tabel II.4 Ikatan dan Absorpsi Inframerah..... 22
Tabel III.1 Komposisi Bahan untuk Pembuatan *Film* Bioplastik..... 26

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

σ	= Kekuatan tarik (N/mm^2)
F_{maks}	= Beban maksimum (N)
A_0	= Luas penampang awal (mm^2)
E	= Elongasi (%)
L	= Panjang akhir benda uji saat putus (mm)
L_o	= Panjang benda uji mula-mula (mm)
ASTM	= *American Standard Testing and Material*
CNC	= *Cellulose nanocrystal*
CNF	= *Cellulose nanofibrils*
FTIR	= *Fourier Transform Infrared*
TEMPO	= 2,2,6,6-*tetramethylpiperidine*-1-*oxyl radical*
UTM	= *Universal Testing Machine*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemasan plastik yang umum di gunakan saat ini termasuk dalam golongan polietilen dan diproduksi dari minyak bumi dan pada akhir penggunaannya tidak dapat terurai secara alami. Karena itu plastik termasuk produk yang dapat menyebabkan masalah pencemaran lingkungan, baik dalam tanah maupun perairan.

Dengan adanya permasalahan tersebut, muncul berbagai ide untuk menggantikan plastik konvensional berbasis minyak bumi menjadi bahan alami yang mudah diuraikan setelah pemakaian disebut dengan plastik *biodegradable* atau bioplastik (Saputro & Ovita 2017). Penggunaan bioplastik ini dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi plastik konvensional berbasis minyak bumi (Kamsiati dkk., 2017).

Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan *film* bioplastik yaitu berasal dari sumber daya terbarukan. Salah satu sumber daya alam yang paling berlimpah terbarukan dibumi yang menarik perhatian saat ini adalah pati (Nafchi dkk., 2013). Pati berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, mudah terurai bersifat universal dan memiliki harga yang terjangkau. Pati yang sering ditemukan berasal dari umbi-umbian. Jumlah umbi-umbian di Indonesia sangat melimpah sehingga pati cocok dianggap sebagai bahan alternatif pembuatan bioplastik, diantaranya adalah pati ubi kayu lokal.

Pati ubi kayu merupakan salah satu jenis pati yang dapat digunakan sebagai bahan baku *film* bioplastik, namun selain pati ubi kayu perlu juga dilakukan pengembangan pati yang lain untuk dapat menghasilkan *film* bioplastik contohnya pati *mocaf*. Di mana pati *mocaf* berasal dari ubi kayu lokal yang diproses dengan cara fermentasi sel singkong dengan menambahkan mikroba dari bakteri asam laktat penghasil enzim pektinolitik dan sellulolitik. Sehingga menyebabkan perubahan karakteristik yang lebih baik pada tepung yang dihasilkan, berupa tepung yang berwarna lebih putih, meningkatkan viskositas, kemampuan gelatinasi, daya rehidrasi dan kemudahan melarut (Husniati & Widyastuti, 2013).

Namun plastik berbahan pati masih memiliki kekurangan yaitu rendahnya kekuatan tarik dan kurang tahan terhadap air (hidrofilik). Salah satu cara untuk mengurangi sifat hidrofilik adalah dengan mencampur pati dengan biopolimer lain yang bersifat hidrofobik seperti selulosa (Saputro & Ovita, 2017). Di mana selulosa mempunyai kelebihan yaitu mudah diperoleh dan dapat terdegradasi.

Untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik dan mekanis yang baik maka diperlukan penambahan penguat dan zat aditif. Penguat yang ditambahkan kedalam bioplastik berbasis pati adalah nanoselulosa dalam bentuk *Cellulose Nanofibrils* (CNF) di mana serat yang berukuran nano menghasilkan luas permukaan yang besar sehingga mengurangi jumlah rongga yang menyusun bioplastik sehingga dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanis bioplastik (Wicaksono dkk., 2013), Sedangkan aditif yang digunakan berupa *plasticizer* gliserol, di mana gliserol akan menempatkan dirinya diantara molekul polimer sehingga mengganggu interaksi polimer-polimer dan meningkatkan fleksibilitas serta mengurangi kerapuhan *film* bioplastik (Bourtoom, 2008).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wicaksono dkk. (2013) membuat *film* bioplastik tapioka dengan penambahan nanoserat selulosa dari ampas tapioka dengan metode *casting*. Bioplastik yang dihasilkan dilakukan pengujian sifat mekanis untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoserat terhadap kekuatan tarik dan pemanjangan putus. Pengujian karakteristik gugus fungsi dengan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui perlakuan kimia pada nanoserat. Hasil penelitian yang didapat bahwa dengan adanya penambahan nanoserat selulosa 1%, 2% dan 3% dengan *plasticizer* sorbitol 1% dapat meningkatkan kekuatan tarik pada *film* bioplastik tapioka. Perlakuan kimia menyebabkan penghilangan sebagian hemiselulosa dan lignin dari struktur serat.

Penelitian lain tentang penambahan nanoselulosa juga dilakukan oleh Amni dkk. (2015) membuat bioplastik dari pati ubi kayu berpenguat nanoserat jerami dan ZnO dengan konsentrasi 1%, 3%, 6% dan 9% dan *plasticizer* gliserol 25% (dari 5 gram berat pati), hasil penelitian yang didapat menghasilkan kenaikan kekuatan tarik pada *film* ubi kayu.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, dapat digunakan pengujian karakteristik gugus fungsi dan pengujian mekanis untuk pati ubi kayu dan pati

mocaf yang sudah ditambahkan serat nanoselulosa agar dapat terlihat pengaruh variasi persentase berat gliserol dengan penambahan serat nanoselulosa pada bioplastik, sehingga diharapkan akan menghasilkan bahan dasar plastik *biodegradable* yang lebih baik dari sifat asalnya dan dapat diaplikasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

a. Bagaimana pengaruh variasi persentase berat gliserol dengan penambahan serat nanoselulosa terhadap sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan?
b. Bagaimana pengaruh variasi persentase berat gliserol dengan penambahan serat nanoselulosa terhadap karakteristik gugus fungsi pada bioplastik berbasis dari pati ubi kayu lokal dan pati *mocaf*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

a. Bahan baku yang digunakan berupa pati ubi kayu lokal dan pati *mocaf* varietas unggulan diperoleh dari Bioteknologi LIPI Cibinong.
b. Serat nanoselulosa diperoleh dari Biomaterial LIPI Cibinong.
c. Gliserol diperoleh dari PT Bratachem.
d. Pembuatan *film* bioplastik dilakukan dengan metode *casting*.
e. Pati dilarutkan dalam akuades dengan perbandingan 1:20.
f. Persentase berat *plasticizer* gliserol yaitu 0,5% ; 5% dan 10%.
g. Pengujian karakteristik gugus fungsi bioplastik dilakukan dengan menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
h. Pengujian sifat mekanis meliputi kekuatan tarik dan elongasi bioplastik dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

a. Mengetahui pengaruh variasi persentase berat gliserol dengan penambahan serat nanoselulosa terhadap sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan.
b. Mengetahui pengaruh variasi persentase berat gliserol dengan penambahan serat nanoselulosa terhadap karakterisasi gugus fungsi bioplastik berbasis pati ubi kayu lokal dan pati *mocaf*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

a. Memberikan informasi tambahan pengembangan pati *mocaf* yang bersumber dari proses fermentasi ubi kayu sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik.
b. Memberikan informasi pengaruh penambahan serat nanoselulosa terhadap sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan.
c. Memberikan informasi pengaruh penambahan serat nanoselulosa terhadap karakteristik gugus fungsi bioplastik yang dihasilkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berikatan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut, yaitu sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai bioplastik, ubi kayu, pati, pati ubi kayu, pati *mocaf*, selulosa, nanoselulosa, zat aditif, gliserol, pengujian karakteristik sifat mekanis dan gugus fungsi bioplastik.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, serta prosedur penelitian (persiapan penelitian, metode atau cara penelitian, dan analisis).

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data yang sudah diolah menjadi grafik, dan pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisis data.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioplastik

Berdasarkan bahan bakunya plastik dikelompokan menjadi dua yaitu dari bahan yang dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui. Dari segi kemudahan terdegradasi plastik dibedakan menjadi dua, yaitu plastik *biodegradable* (mudah terdegradasi) dan plastik *non biodegradable* (sulit terdegradasi). Plastik *biodegradable* atau bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun pada kondisi dan waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya di mana plastik tersebut akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* dapat pula diartikan sebagai suatu material polimer yang berubah menjadi senyawa dengan berat molekul rendah di mana paling sedikit satu atau beberapa tahap degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Nisa, 2015).

Bioplastik memanfaatkan limbah-limbah organik yang mengandung banyak pati didalamnya, misalnya pati pada lidah buaya, kentang, jagung, singkong dan umbi-umbian lainnya. Banyaknya pati dalam umbi-umbian mendorong untuk mengembangkan dengan membuat plastik berbahan dasar pati dari umbi-umbian salah satunya adalah ubi kayu.

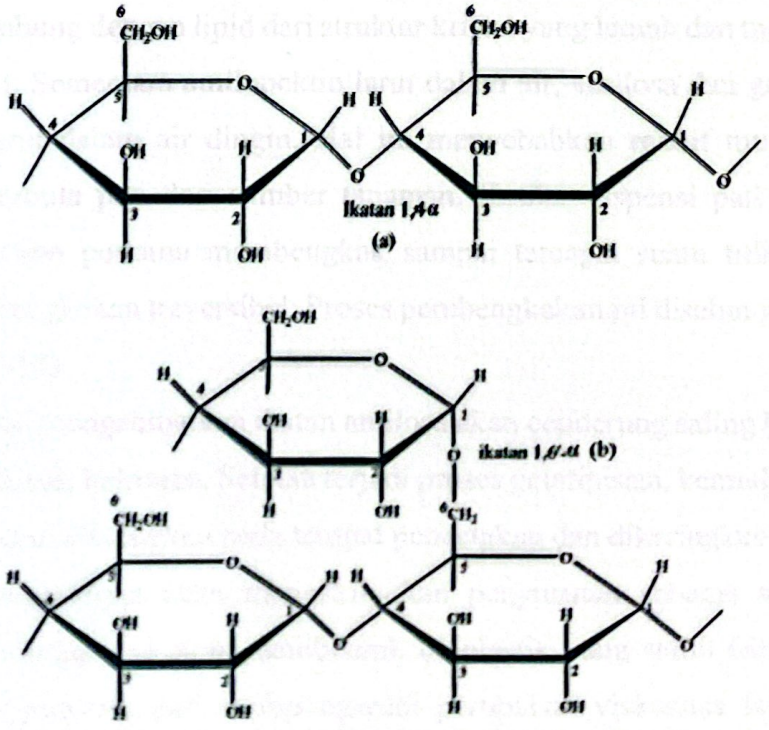
2.2 Ubi Kayu

Ubi kayu merupakan tanaman multifungsi, di mana tempat penyimpanan pati pada ubi kayu berada pada bagian akar yang memiliki peranan penting yang dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk bahan pangan dan pakan ternak, namun juga bahan baku pembuatan bioetanol, tapioka, tekstil, dan plastik *film* (Sudarmonowati dkk., 2018). Ubi kayu merupakan sumber pati kedua terbesar di dunia setelah jagung, dengan kadar pati 73,5%-84,9% (basis kering) dan termaksud salah satu komoditas pati terbesar dalam perdagangan internasional di mana sebelumnya sebagian besar pati berbahan dasar jagung dan Amerika Serikat sebagai konsumen terbesarnya.

Karakteristik sifat fisik dan kimia ubi kayu ditentukan oleh sifat pati sebagai komponen utama dari ubi kayu. Pati ubi kayu memiliki sifat khusus yang sesuai produk pangan dan non pangan seperti mempunyai warna gel yang transparan, tidak berasa serta resistensi terhadap pemanasan dan pembekuan (Sudarmonowati dkk., 2018).

2.3 Pati

Pati merupakan polisakarida yang ditemukan dalam sel tumbuhan dan beberapa mikroorganisme. Pati tidak larut dalam air bersifat tawar serta tidak berbau dan berasal dari tanaman. Tempat penyimpanan pati pada bagian tanaman adalah pada akar, umbi, biji, buah dan umbi lapis. Ketersediaan pati cukup melimpah dialam seperti ubi kayu, tapioka, jagung, sagu, kentang, terigu dan lain sebagainya. Pati yang terdapat dalam sel tumbuhan berbentuk granula (butiran) dengan diameter beberapa mikron. Granula pati mengandung campuran dari dua polisakarida berbeda, yaitu amilosa dan amilopektin. Pembentukan pati diawali dengan terbentuknya ikatan glukosida (2 glukosa) yaitu ikatan antara molekul glukosa melalui oksigen pada atom karbon pertama seperti pada Gambar II.1.



Gambar II.1. Struktur Amilosa (a) dan Amilopektin (b)
Sumber: Jabbar, 2017

Amilosa dan amilopektin merupakan dua komponen utama penyusun pati (Gambar II.1). Amilosa merupakan komponen berantai lurus, mempunyai rangkaian panjang dari unit α-glukosa yang terikat bersama-sama melalui ikatan α-1,4 glikosida sedangkan amilopektin tersusun melalui ikatan α-1,4 glikosida dan ikatan cabang α-1,6 glikosida sehingga mempunyai struktur rantai bercabang (Dureja dkk., 2011).

Adanya ikatan hidrogen inter dan antar molekul diantara gugus hidroksil pada molekul pati, sehingga menunjukkan pati bersifat hidrofilik dan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu pati merupakan bahan baku yang baik dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik. Salah satunya seperti yang telah dilakukan oleh (Ardiansyah, 2011) yaitu pemanfaatan pati ubi jalar untuk pembuatan plastik *biodegradable.*

Pada pembuatan bioplastik berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi, di mana air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Pati dapat menyerap air secara maksimal jika suspensi air dipanaskan pada temperatur 55°C sampai 80°C. Granula pati tersebut terdiri atas daerah amorf dan kristal. Amilosa dalam pati bergabung dengan lipid dari struktur kristal yang lemah dan memperkuat granula tersebut. Sementara amilopektin larut dalam air, amilosa dan granula pati sendiri tidak larut dalam air dingin. Hal ini menyebabkan relatif mudah untuk mengekstrak granula pati dari sumber tanaman. Ketika suspensi pati dalam air dipanaskan, butiran pertama membengkak sampai tercapai suatu titik di mana terjadinya pembengkakan ireversibel. Proses pembengkakan ini disebut gelatinisasi (Sinaga dkk., 2014).

Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Setelah terjadi proses gelatinisasi, kemudian larutan gelatin dicetak atau dituangkan pada tempat pencetakan dan dikeringkan selama 24 jam. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk bioplastik yang stabil (Sinaga dkk., 2014). Suhu gelatinisasi pati mempengaruhi perubahan viskositas larutan pati, dengan meningkatnya suhu pemanasan mengakibatkan penurunan kekentalan suspensi pati. Pati dengan amilosa tinggi dapat menghasilkan bioplastik yang lentur dan kuat, karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya (Nisah, 2017).

2.4 Pati Ubi Kayu

Komposisi utama pati ubi kayu umumnya terdiri dari amilosa, amilopektin dan sisanya komponen minor seperti air, abu, protein dan lemak dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Komposisi Kimia Tepung Ubi Kayu

Komponen	Persentase (%)
Air	maks.13
Protein	maks. 1,2
Abu	maks. 0,2
Lemak	0,4-0,8
Serat	1,0-4,2
Pati	82-85

Sumber: Subagio, 2008

Pati terdiri dari dua komponen yang dapat dipisahkan yaitu amilosa dan amilopektin, di mana kadar persentase amilosa pada pati merupakan selisih dari persentase amilopektin dapat dilihat pada Tabel II.2.

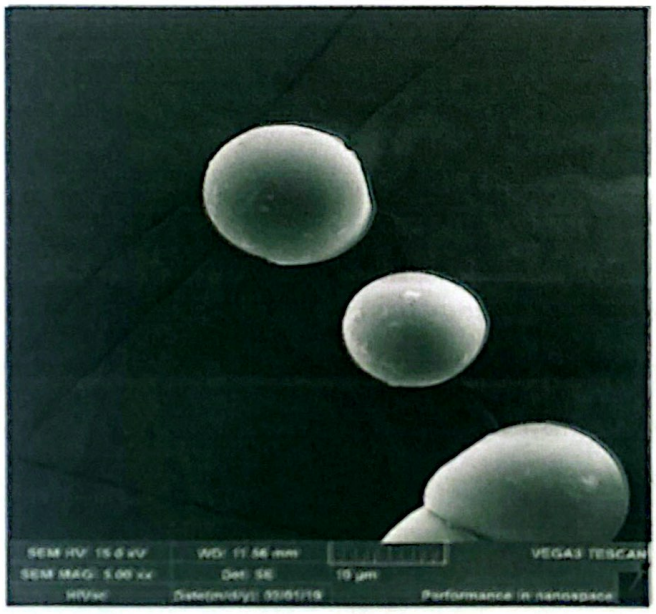
Tabel II.2 Kandungan Amilosa dan Amilopektin pada Ubi Kayu

Komponen	Persentase (%)
Amilosa	26,005
Amilopektin	73,999

Sumber: Sudarmonowati dkk., 2018

Pati ubi kayu menjadi salah satu yang berpotensi menjadi bioplastik karena mengandung kadar amilosa mendekati 30%. Kadar amilosa yang rendah dan amilopektin yang tinggi akan mempermudah gelatinasi pati akibat menurunnya kelarutan dalam air panas. Amilopektin akan menyebabkan karakteristik mekanis yang rendah serta ketahanan terhadap tekanan dan elongasi yang rendah. Amilopektin yang tinggi akan menyebabkan ruang kosong yang dapat diisi oleh biopolimer. Hal ini menyebabkan amilopektin akan berpengaruh terhadap kestabilan bioplastik. Amilosa menjadi komponen penting karena akan memicu pembentukan bioplastik yang lebih kuat. Struktur amilosa memungkinkan adanya pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa selama pemanasan yang memerangkap air membentuk gel yang kuat. Semakin banyak amilosa akan menyebabkan pati menjadi kering dan kurang lengket (Nisah, 2017).

Selain itu, struktur amilosa yang lurus cenderung berada pada bagian amorphous dari granula pati. Sementara itu, amilopektin yang membentuk struktur double heliks bertanggung jawab terhadap bagian kristalin granula pati. Rantai-rantai samping amilosa dan amilopektin yang berdampingan dapat saling berinteraksi sehingga memberikan integritas pada granula pati yang disusunnya (Nisah, 2017). Dalam bentuk aslinya, pati merupakan butir- butir kecil yang disebut granula pati. Dalam granula pati, campuran dari molekul struktur linear dan bercabang, tersusun secara radial dalam sel yang konsentrik dan membentuk cincin dan amilopektin terletak pada pembentukan percabangan pada struktur linearnya. Amilosa dan amilopektin berperan dalam menentukan karakteristik fisik, kimia dan fungsional pati (Nisah, 2017). Morfologi bentuk granula pada ubi kayu menggunakan *Scanning Electronic Microscope* (SEM) dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Morfologi Pati Ubi Kayu menggunakan SEM
Sumber: Biomaterial LIPI, 2019

Pada Gambar II.2 dengan pembesaran 5000x dihasilkan granula pati ubi kayu dengan diameter berukuran $\pm 10\mu m$ memiliki permukaan halus dan keteraturan granula yang seragam dikarenakan pati diekstraksi dari ubi kayu dengan proses penghalusan dan diayak sampai dengan ukuran tertentu yaitu lolos 80 mesh.

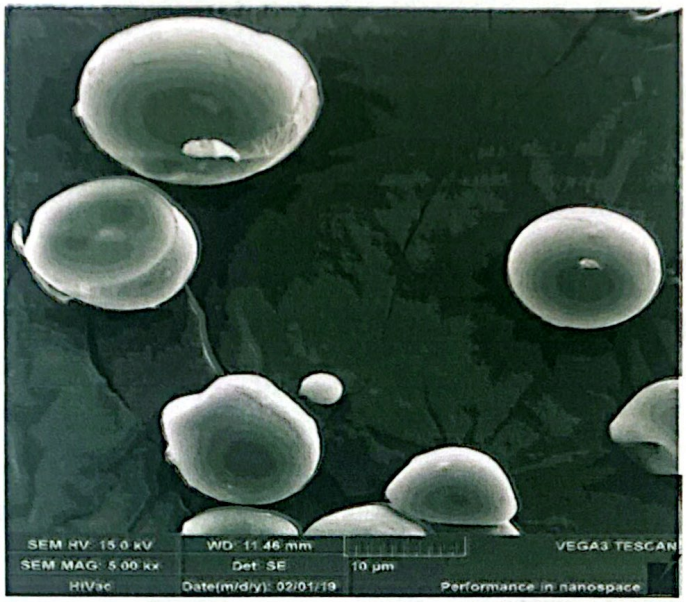
2.4 Pati *Mocaf*

Mocaf (*Modified Cassava Flour*) atau tepung ubi kayu termodifikasi merupakan salah satu produk pati termodifikasi yang telah banyak dimanfaatkan pada berbagai produk pangan. Menurut Subagio dkk. (2008), *Mocaf* merupakan

tepung ubi kayu yang diproduksi dengan memodifikasi sel ubi kayu secara fermentasi. Perbedaan *mocaf* dengan pati ubi kayu yaitu pada pengolahannya. Pati ubi kayu yang dibuat dari ubi kayu yang dikupas, dipotong-potong menjadi sawut, dikeringkan kemudian ditepungkan. Sedangkan *mocaf* setelah ubi kayu dipotong-potong menjadi sawut kemudian di fermentasi dahulu, dicuci, dikeringkan kemudian digiling dan diayak sampai lolos 80 *mesh*.

Modifikasi diartikan sebagai perubahan struktur molekul yang dapat dilakukan dengan beberapa metode, baik secara fisik, kimia, maupun enzimatis Proses modifikasi pada produksi *mocaf* merupakan proses modifikasi secara biokimia, yaitu dengan menambahkan enzim atau mikroba penghasil enzim. Bakteri asam laktat berperan penting dalam proses fermentasi, di mana aktivitasnya dapat menghasilkan enzim pektinolitik dan sellulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu, serta menghidrolisis pati menjadi asam-asam organik (Subagio dkk., 2008).

Modifikasi pati dilakukan dikarenakan dalam penggunaannya, pati alami memiliki beberapa kelemahan yang ditunjukkan dengan munculnya karakteritik yang tidak diinginkan pada kondisi pH, suhu, dan tekanan tertentu. Modifikasi pati dapat memperbaiki karakteristik yang dihasilkan. Menurut Subagio dkk. (2008), proses fermentasi pada *mocaf* mengakibatkan perubahan karakteristik pada tepung seperti meningkatnya nilai viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut. Namun, proses fermentasi juga mengakibatkan perubahan granula pati tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim sellulolitik dan peknolitik yang mulai intensif mendegradasi dinding sel pada pati, sehingga dinding sel rusak dan granula pati mengalami liberasi. Akibat adanya aktivitas enzim amilolitik, granula terliberasi tersebut kemudian dihidrolisis sebagian pada permukaan granula akibatnya granula pati berlubang dan ukuran granula tidak seragam. Hal serupa juga diungkapkan oleh (Sudarmonowati dkk., 2018) bahwa modifikasi tepung secara enzimatik menunjukkan perubahan sifat fisikokimia dan fungsional tepung. Gambar II.3 menunjukan morfologi granula pati dengan menggunakan *Scanning Electronic Microscope* (SEM).



Gambar II.3 Morfologi Pati Mocaf menggunakan SEM
Sumber: Biomaterial LIPI, 2019

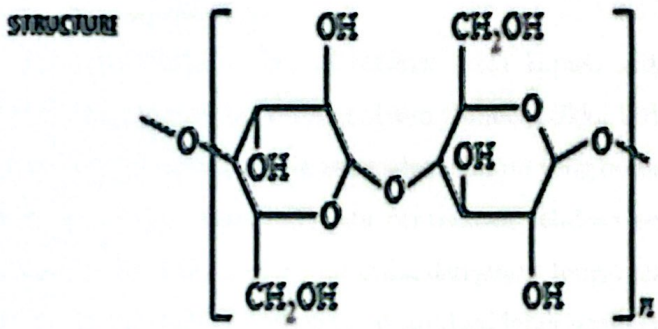
Granula pati *mocaf* memiliki diameter rata-rata berukuran sekitar $\pm 7\mu m$. Pada pati *mocaf* terdapat ukuran granula yang tidak seragam dan penampakan selaput tipis yang menyelimuti butiran granula pati, bahan tersebut merupakan pulp atau komponen lignoselulosa yang terdiri atas lignin, selulosa dan sedikit hemiselulosa. Komponen ini terdapat pada pati *mocaf* dikarenakan pada saat pembuatan *mocaf*, cacahan ubi kayu secara langsung di fermentasi dengan bakteri asam laktat merek Bi-*Mocaf* yang di produksi oleh Balai Pascapanen, Bogor. Kemudian hasil tirisan produk fermentasi dikeringkan pada suhu 40^0C dan dihaluskan dan disaring sampai lolos 80 mesh. Perbedaan penampakan permukaan dapat mempengaruhi sifat fisiko kimia dari *film* bioplastik dan sifat mekanis meliputi kekuatan tarik dan elongasi (Sudarmonowati dkk., 2018).

2.5 Selulosa

Selulosa $[C_6H_{10}O_5]n$ merupakan homopolimer yang bersifat tidak beracun dan dapat terdegradasi. di mana n merupakan derajat polimerisasi selulosa (DP). Selulosa merupakan senyawa polimer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β (1,4)-glikosida, (Fatriasari dkk., 2019). Komponen utama penyusun selulosa berasal dari dinding sel tumbuhan dari pohon tingkat tinggi hingga organisme primitif, seperti alga, flagelata, dan bakteri (Fatriasari dkk., 2019).

Selulosa merupakan komponen karbohidrat berantai lurus yang kuat dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya, di mana antar monomernya dihubungkan

oleh ikatan hidrogen. Selulosa tidak larut dalam berbagai macam pelarut dan tahan terhadap perlakuan dengan berbagai bahan kimia, kecuali asam kuat, yang disebabkan adanya ikatan hidrogen antar gugus hidroksil dalam rantai selulosa (Fatriasari dkk., 2019). Secara umum, adanya interaksi dengan lingkungan tempat tumbuh berkontribusi dalam menciptakan variasi komponen dinding sel tumbuhan termasuk selulosa. Menurut Fatriasari (2019) selulosa memiliki beberapa sifat fisik yang secara penampakan selulosa murni berwarna putih, dapat didegradasi, tidak beracun, memiliki kuat tarik dan tekan yang tinggi. Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar II. 4.

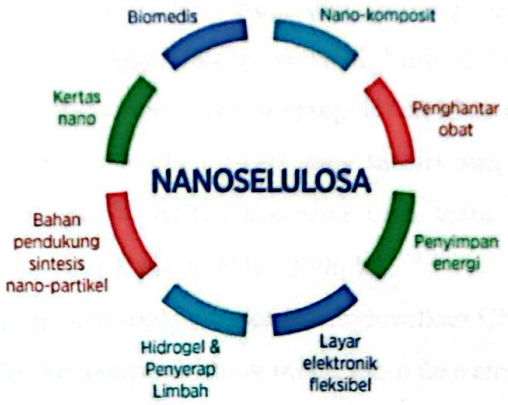


Gambar II.4 Stuktur Selulosa
Sumber: Mark, 1999

Pada dasarnya, terdapat empat pengelompokan sumber selulosa berdasarkan jenisnya, yaitu selulosa kayu dan non kayu serta selulosa yang bersumber dari fauna laut dan aktivitas bakteri. Setiap sumber selulosa tersebut memiliki variasi terutama dalam hal kadar selulosa dan kemurnian selulosa. Pemahaman yang baik terhadap struktur dasar dan sifat-sifat selulosa (fisik, mekanis, kimia, dan biologis) akan membantu dalam pemanfaatan selulosa secara lebih tepat. Modifikasi selulosa juga dimungkinkan dilakukan untuk memperluas pemanfaatan selulosa (Fatriasari dkk., 2019).

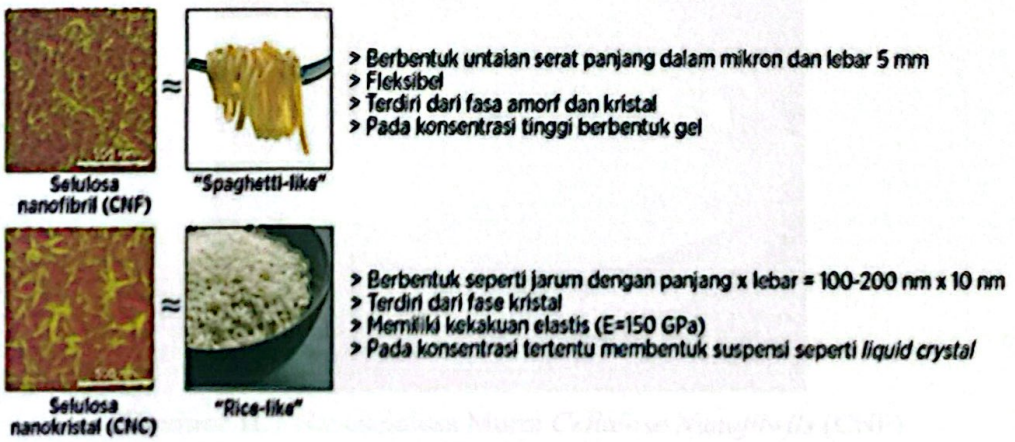
2.6 Nanoselulosa

Pemanfaatan selulosa murni dalam bidang material maju hampir tanpa batasan, dari turunan selulosa hingga nanoselulosa mampu memenuhi spesifikasi dasar beberapa aplikasi material maju. Gambar II.5 adalah sebagian contoh ilustrasi penggunaan nanoselulosa untuk material maju yang prospektif pada dekade terakhir.



Gambar II.5 Prospek Aplikasi Nanoselulosa dalam Teknologi Material Maju
Sumber: Fatriasari dkk., 2019

Selulosa murni sering ditemukan pada kapas, sedangkan selulosa alam ditemukan pada kayu dan serat nonkayu (Jonoobi dkk., 2015) Setiap tipe selulosa tersebut memiliki karakteristik dan kadar selulosa yang berbeda. Pada level struktur nano, gugus fungsi hidroksil pada permukaan selulosa semakin terekspos yang membuatnya semakin bersifat hidrofilik dan gugus fungsi reaktif hidroksil terutama pada C_6-OH dapat dimodifikasi untuk aplikasi lebih lanjut (Lin & Dufresne, 2014). Perbedaan utama dari dua bentuk nanoselulosa dapat dilihat pada Gambar II.6.



Gambar II.6 Dua Bentuk Nanoselulosa Komersial
Sumber: Cranston, 2003

Nanoselulosa adalah istilah umum untuk partikel selulosa dengan dimensi struktural skala nano selulosa dalam bentuk nano dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu *cellulose nanofibrils* (CNF) dan *cellulose nanocrystal/whisker* (CNC/CNW). Perbedaan utama dari dua jenis nanoselulosa tersebut dapat dijabarkan dalam ilustrasi pada Gambar II.6. Dengan menggunakan ilustrasi bahan dasar yang sama, yaitu pati, CNF digambarkan sebagai untaian spageti atau mie

yang memiliki dimensi lebar dalam nano dan panjang sampai dengan ukuran mikron, sedangkan CNC digambarkan sebagai butiran beras atau nasi yang memiliki dimensi lebar dalam nano dan panjang dalam kisaran ratusan nanometer. CNF merupakan untaian *elementary fibril* yang terdiri atas fase kristal dan fase amorf, sedangkan CNC hanya terdiri atas satu fase, yaitu fase kristal sehingga berukuran lebih pendek (Bondenson dkk., 2006).

Pada umumnya, proses mekanik akan menghasilkan CNF, sedangkan proses hidrolisis asam dengan kemampuan untuk melarutkan fase amorf dari selulosa akan menghasilkan CNC. Gambar II.7 adalah foto nanoselulosa (CNF) yang digunakan pada penelitian ini dan berbentuk gel (konsentrasi padatan satu persen) yang diperoleh dari *hardwood bleached kraft pulp* (HW-BKP) dan diproses oksidasi TEMPO diikuti dengan perlakuan mekanis dengan proses ultrasonikasi.

Tujuan dari perlakuan ini, antara lain untuk mempermudah proses fibrilasi, mencegah penyumbatan (*clogging*) pada proses mekanik, meminimumkan kerusakan struktur selulosa serta memodifikasi gugus hidroksil selulosa (Fatriasari dkk., 2019).

Gambar II.7 Nanoselulosa Murni *Cellulose Nanofibrils* (CNF)
Sumber: Fatriasari dkk., 2019

Kekuatan tarik *film* bioplastik berukuran *nanofiber* lebih tinggi dibanding *film* bioplastik *mikrofiber*. Ukuran serat berpengaruh terhadap nilai kuat tarik pada *film* bioplastik. Semakin kecil ukuran serat penyusun selulosa maka semakin tinggi kekuatan tarik yang dihasilkan. Peningkatan kekuatan tarik juga terjadi pada penelitian Wicaksono dkk. (2013) yang membuat *film* nanoserat dari ampas tapioka dengan penambahan nanoserat menghasilkan peningkatan kekuatan tarik *film* tapioka yang lebih tinggi, peningkatan tersebut disebabkan *nanofiber* atau serat

yang berukuran nano menghasilkan luas permukaan yang besar sehingga mengurangi jumlah rongga yang menyusun bioplastik. Gambar II.8 memperlihatkan morfologi serat nanoselulosa yang telah dilakukan oleh Park & Causin (2013).

Gambar II.8 Morfologi Serat Nanoselulosa (CNF) menggunakan TEM
Sumber: Park & Causin (2013)

Penelitian yang sudah dilakukan (Masruchin dkk., 2015b) menggunakan *Transsmission electron microscopy* (TEM) bahwa serat nanoselulosa (CNF) memiliki ukuran diameter ±7nm dari panjang dalam mikrometer. Dengan ukuran nano <100nm diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis *film* bioplastik yang dihasilkan. Menurut Favier dkk. (1997) dan Bondenson dkk. (2006) Selulosa berukuran nano memiliki luas permukaan yang besar sekitar (±250 $m^2.g^{-1}$) serta rasio aspek (*aspect ratio*) atau perbandingan panjang terhadap diameter (L/d) mencapai > 100. Karakteristik ini sangat bermanfaat untuk aplikasi dalam bidang nanokomposit yang membutuhkan peningkatan kekuatan, ketangguhan, dan perbaikan sifat barrier.

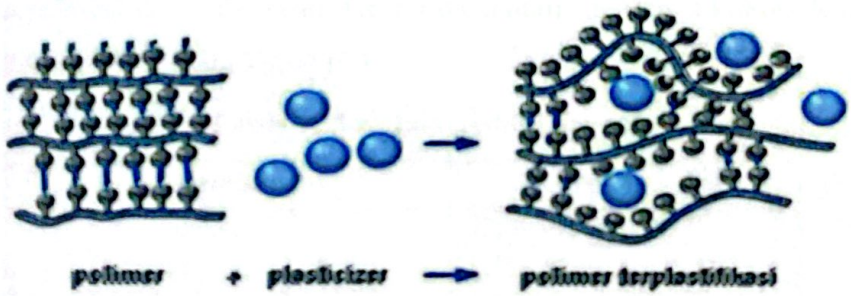
2.7 Zat Aditif

Zat aditif adalah zat yang digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk meningkatkan sifat-sifat dan kemampuan saat pemrosesan. Banyak zat aditif anorganik atau organik yang sengaja dicampurkan dalam suatu bahan polimer untuk membentuk plastik yang berperan dalam meningkatkan dispersi permukaan matriks polimer serta dapat memperbaiki sifat mekanis dari bahan polimer, sehingga memiliki sifat-sifat mekanis yang lebih unggul. Berdasarkan fungsinya, bahan tambahan atau zat aditif polimer dapat dikelompokkan menjadi bahan pemlastis (*plasticizer*), bahan penstabil (antioksidan), antibakteri:

1. *Plasticizer* merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah yang dapat menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas polimer film bioplastik. Bahan yang digunakan sebagai *plasticizer* adalah gliserol, gliserin dan sorbitol.
2. Antioksidan adalah salah satu senyawa yang dapat ditambahkan ke dalam pembuatan bioplastik. Penambahan antioksidan bertujuan agar film tersebut memiliki zat aktif yang dapat menghambat terjadinya proses oksidasi. Umumnya penurunan kualitas makanan disebabkan oleh oksigen. Beberapa antioksidan yang dapat digunakan untuk bioplastik adalah asam sitrat dan asam askorbat.
3. Antibakteri merupakan suatu zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak. Salah satu bahan yang digunakan sebagai antibakteri adalah ZnO, Kitosan dan lain-lain.

2.8.1 *Plasticizer*

Plasticizer merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah yang dapat menurunkan kekakuan, mengurangi produk dari keretakan, meningkatkan fleksibilitas serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air dan zat terlarut polimer film bioplastik. *Plasticizer* mampu menempatkan dirinya di antara molekul polimer sehingga mengganggu interaksi polimer-polimer dan meningkatkan fleksibilitas (Gambar II.9).



Gambar II.9 Proses Polimer Terplastifikasi
Sumber : Nisa, 2015

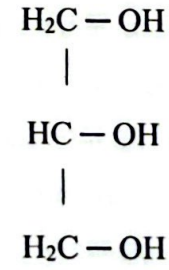
Proses plastisasi pada prinsipnya adalah dispersi molekul *plasticizer* ke dalam fasa polimer. Jika *plasticizer* mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses disperse akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer-*plasticizer* yang disebut kompatibel. Sifat fisik dan mekanis polimer-terplastisasi yang kompatibel ini merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi *plasticizer*

yang masing-masing komponen dalam sistem. Bila antara *plasticizer* dengan polimer tidak terjadi pencampuran koloid yang baik berarti polimer dan *plasticizer* tidak kompatibel maka akan menghasilkan sifat fisik berkualitas rendah (Ardiansyah, 2011).

Plastisizer tersebut mempunyai gugus hidroksil sehingga mudah bereaksi dengan pati (*compatible*) dan mampu menghasilkan sifat plastis pada pati dengan memecah ikatan hidrogen internal antar gugus glukosa dalam pati. Adapun pemlastis yang digunakan adalah gliserol, karena gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan sorbitol pada *film* berbasis pati (Bourtoom, 2008).

2.8.2 Gliserol

Gliserol (1,2,3-propanatriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa gliserida yang paling sederhana dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik (Gambar II.10) (Jabbar, 2017).



Gambar II.10 Rumus Struktur Gliserol
Sumber: Yurida dkk., 2013

Gliserol $C_3H_5(OH)_3$ berwujud cairan jernih, kental, terasa manis, tidak dapat larut dalam minyak tetapi larut sempurna dalam air dan alkohol. Karakteristik gliserol dapat dilihat pada Tabel II.3.

Tabel II.3 Karakteristik Gliserol

Parameter	Nilai
Massa molekul	92,09382 g/mol
Densitas	1,261 g/cm^3
Viskositas	1,5 Pa.s
Titik leleh	18,2°C
Titik didih	290°C

Sumber: Yurida dkk., 2013

Gliserol dipilih sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair, mudah tercampur dalam larutan *film* serta air. Penambahan gliserol berperan untuk meningkatkan sifat plastisnya yaitu sifat mekanis yang lunak dan kuat di mana penambahan gliserol mampu mengganggu ikatan hidrogen intermolekul dan intramolekul

sehingga menyebabkan gerak molekul bebas dari polimer meningkat. Gliserol akan menempatkan dirinya diantara molekul polimer sehingga mengganggu interaksi polimer-polimer dan meningkatkan fleksibilitas serta mengurangi kerapuhan *film* bioplastik (Bourtoom, 2008).

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menghasilkan bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan ini kurang tahan terhadap air (kurang hidrofobik/bersifat hidrofilik) dan sifat mekanisnya masih rendah (kekuatan tarik dan modulus young). Salah satu cara untuk mengurangi sifat hidrofilik adalah dengan mencampur pati dengan biopolimer lain yang bersifat hidrofobik, seperti selulosa, kitosan, dan protein (Darni & Utami, 2010).

2.8 Karakterisasi Sampel

2.9.1 Karakteristik Mekanis Bioplastik

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh lembaran plastik selama pengukuran berlangsung. Kekuatan maksimum yang dimaksud merupakan tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegangan suatu regangan. Tegangan ini terjadi karena adanya fenomena pengecilan pada benda uji yang berlanjut hingga benda uji patah. Kekuatan tarik dari *film* bioplastik dipengaruhi oleh kandungan penguat bioplastik yang ditambahkan Karena peningkatan jumlah penguat akan menaikan ikatan hidrogen dalam *film* dan memperbesar kemampuan *film* sehingga kekuatan tarik akan semakin meningkat. Menurut Darni & Utami (2010), pada uji kekuatan tarik ini, dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang.

Kekuatan tarik dapat diukur berdasarkan beban maksimum (F_{maks}) yang digunakan untuk mematahkan material dibagi dengan luas penampang awal (A_0) yang ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{Fmaks}{A0} \qquad (2.1)$$

Keterangan:

σ = kekuatan tarik (N/mm^2)

F_{maks} = beban maksimum (N)

A_0 = luas penampang awal (mm^2)

Alat yang digunakan untuk mengukur nilai kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar II.11.

Gambar II.11 Alat Uji Kekuatan Tarik
Sumber: Biomaterial LIPI, 2019

2. Persen perpanjangan (*elongation*)

Elongasi merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel *film* terputus (Stevens, 2002). Nilai dari perpanjangan putus menunjukkan kemampuan spesimen untuk menahan perubahan bentuk tanpa terjadinya retakan pada spesimen. Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen perpanjangan suatu *film* semakin lebih besar. Tanpa penambahan *plasticizer*, amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu *film* dan struktur dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi *film*, menjadikan *film* pati jadi rapuh dan kaku. Elongasi suatu material dapat dicari dengan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang semula seperti pada persamaan berikut:

$$E = \frac{L-L_o}{L_o} x100\% \qquad (2.2)$$

Keterangan:

E = Elongasi (%)

L = Panjang akhir benda uji saat putus (mm)

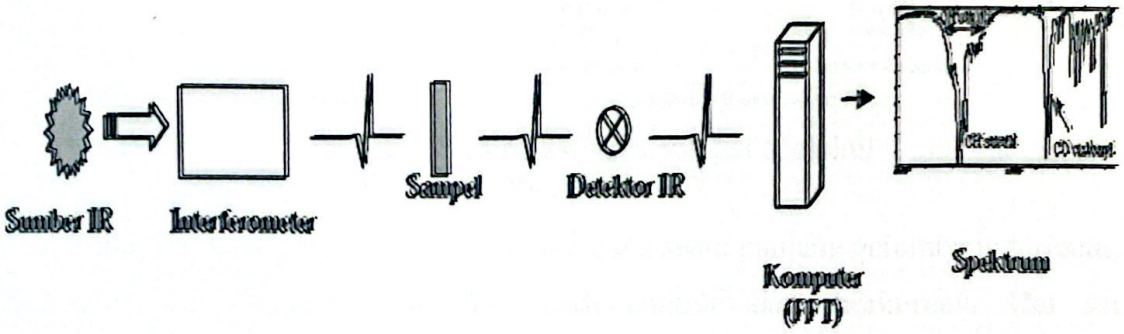
L_o = Panjang benda uji mula-mula (mm)

2.9.2 Karakteristik Gugus Fungsi Bioplastik

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat yang dapat menganalisis gugus fungsi. Metode spektroskopi FTIR yaitu metode spektroskopi

inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya.

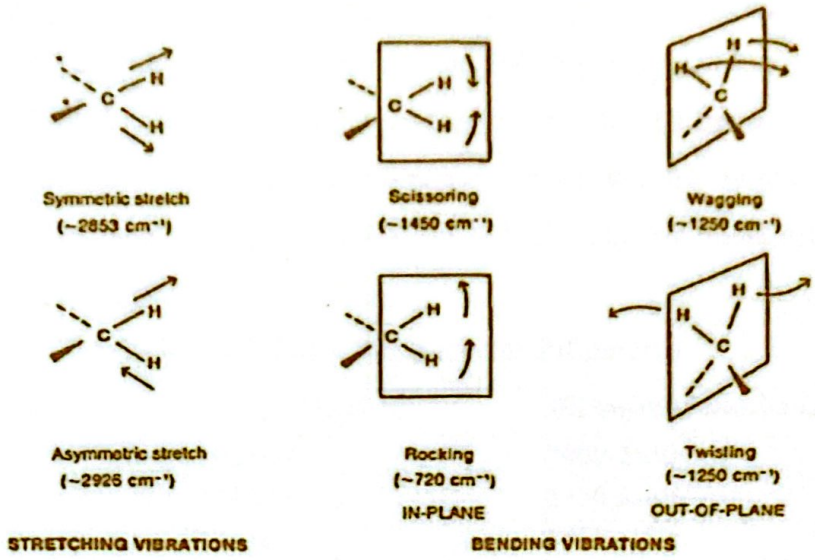
Prinsip kerja FTIR secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar II.12. Sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang di uji. Spektrum tersebut menunjukan hubungan antara intensitas serapan sampel dan bilangan gelombang.



Gambar II.12 Prinsip kerja FTIR
Sumber: Suseno & Firdausi, 2008

Keuntungan dari penggunaan spektofotometer FTIR diantaranya tidak menyebabkan kerusakan pada sampel yang dianalisis, dapat menganalisis senyawa organik ataupun anorganik pada berbagai bentuk fisik (padat, cair dan gas), serta memiliki referensi standar untuk berbagai senyawa kimia yang telah diterbitkan diseluruh dunia sehingga dapat dijadikan rujukan dalam menganalisis spektrum (Patel, 2015). Suatu ikatan dalam sebuah molekul dapat menjalani berbagai macam getaran. Oleh karena itu, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi pada lebih dari satu panjang gelombang.

Setiap sampel yang diuji memiliki senyawa yang menyerap energi dari cahaya inframerah sehingga molekul tersebut akan tereksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi. Penyerapan energi tersebut mengakibatkan perubahan energi vibrasi yang terjadi pada molekul tersebut. Vibrasi molekul dapat digolongkan menjadi vibrasi regangan (*streching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*). Tipe vibrasi yang berlainan ini disebut mode dasar getaran (*fundamental mode of vibration*) yang di jelaskan pada Gambar II.13.



Gambar II.13 Jenis-Jenis Vibrasi Molekul
Sumber: Pavia dkk., 2009

Bila suatu senyawa menyerap radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu, intensitas radiasi yang diteruskan oleh contoh akan berkurang. Hal ini mengakibatkan suatu penurunan dalam %T dan nampak di dalam spektra itu sebagai suatu sumur, yang disebut puncak absorpsi atau pita absorpsi. Panjang gelombang dari absorpsi oleh suatu ikatan tertentu, bergantung pada jenis getaran dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan (C-C, C-H, O-H dan sebagainya) yang mengabsorpsi radiasi inframerah pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan (Stuart, 2004). Spektrum inframerah yang dihasilkan oleh spektroskopi FTIR merupakan pita transmisi (*transmittance*) dari energi vibrasi yang dihasilkan oleh sampel. Pita transmisi berupa bilangan gelombang dengan skala 400 cm^{-1} hingga 13.000 cm^{-1} yang terbagi menjadi tiga wilayah utama yaitu daerah inframerah jauh (<400 cm^{-1}), pertengahan (4000-400 cm^{-1}) dan dekat (13.000-4.000 cm^{-1}) (Stuart, 2004).

Suatu ikatan dalam sebuah molekul dapat menjalani berbagai macam getaran. Oleh karena itu, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi pada lebih dari satu panjang gelombang. Daerah antara 1400-4000cm^{-1} bagian kiri spektra inframerah, merupakan daerah yang khusus berguna untuk identifikasi gugus gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh modus uluran. Daerah di kanan 1400 cm^{-1}sering kali sangat rumit karena banyaknya absorpsi modus uluran maupun modus tekukan di daerah ini. Di daerah ini juga biasanya korelasi antara suatu pita dan suatu gugus fungsional spesifik tak dapat ditarik dengan cermat,

namun setiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik di daerah ini. Oleh karena itu, bagian spektra ini disebut sidik jari. Meskipun bagian kiri suatu spektra terlihat sama untuk senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik haruslah cocok juga antara dua spektra, agar dapat disimpulkan kedua spektra sama. Tabel II.4 memaparkan bilangan gelombang dari berbagai jenis senyawa untuk membedakan gugus fungsi pada absorpsi inframerah.

Tabel II.4 Ikatan dan Absorpsi Inframerah

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
C-H	Alkana (Uluran)	3000-2850
	-CH_3- (Tekukan)	1450 dan 1375
	-CH_2- (Tekukan)	1465
	Alkena (Uluran)	3100-3000
	Aromatik (Uluran)	3150-3050
	Alkalin (Uluran)	3300
	Aldehid	2900-2700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1680-1600
	Aromatik	1600 dan 1475
C≡C	Akuna	2250-2100
C=O	Aldehid	1740-1720
	Keton	1725-1705
	Asam Karboksilat	1725-1700
	Ester	1750-1730
	Amida	1680-1630
	Anhidrida	1810 dan 1760
	Asam Klorida	1800
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1300-1000
O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600
	Asam Karboksilat	3400-2400
N-H	Amina Amida (Uluran)	3500-3100
N-H	Amina Amida (Puntiran)	1640-1550
C-N	Amina	1350-1000
C≡N	Nitril	2260-2240
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2270-1940
N=O	Nitro (R-NO_2)	1550 dan 1350
S-H	Merkaptan	2550
S=O	Sulfoksida	1050
	Sulfonat, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida	1375-1300 dan 1300- 1140
C-X	Florida	1400-1000
	Klorida	785-540
	Bromida, Iodida	<667

Sumber: Pavia dkk., 2009

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian pendahuluan dilaksanakan di laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK) untuk mengetahui pembuatan bioplastik dan persentase berat awal gliserol yang optimum kemudian dilanjutkan penelitian di Laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor pada November 2018 – Juli 2019.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

a. Alat Proses, terdiri dari :

1. *Waterbath*
2. Pipet tetes
3. *Beaker glass* 300ml
4. Cawan petri
5. Gelas ukur
6. Termometer
7. Pengaduk *digital*
8. Jangka sorong
9. Mortar
10. Spatula
11. Neraca Analitik
12. *Oven*
13. Pinset
14. *Cutter*
15. Ayakan 80 *mesh*
16. Cetakan Akrilik *sheet* (20×20×0,5) cm

b. Alat Pengujian:

1. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) tipe PerkinElmer Spectrum Two
2. *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Shimadzu Autograph AG-IS 50kN

3.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Pati Ubi Kayu diperoleh dari Bioteknologi LIPI Cibinong
2. Pati *Mocaf* diperoleh dari Bioteknologi LIPI Cibinong

3. Serat nanoselulosa (CNF) diperoleh dari Biomaterial LIPI Cibinong
4. Gliserol ($C_3H_8O_3$)) diperoleh dari PT. Bratachem
5. Akuades
6. *Aluminium foil*

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan variabel terikat. Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu :

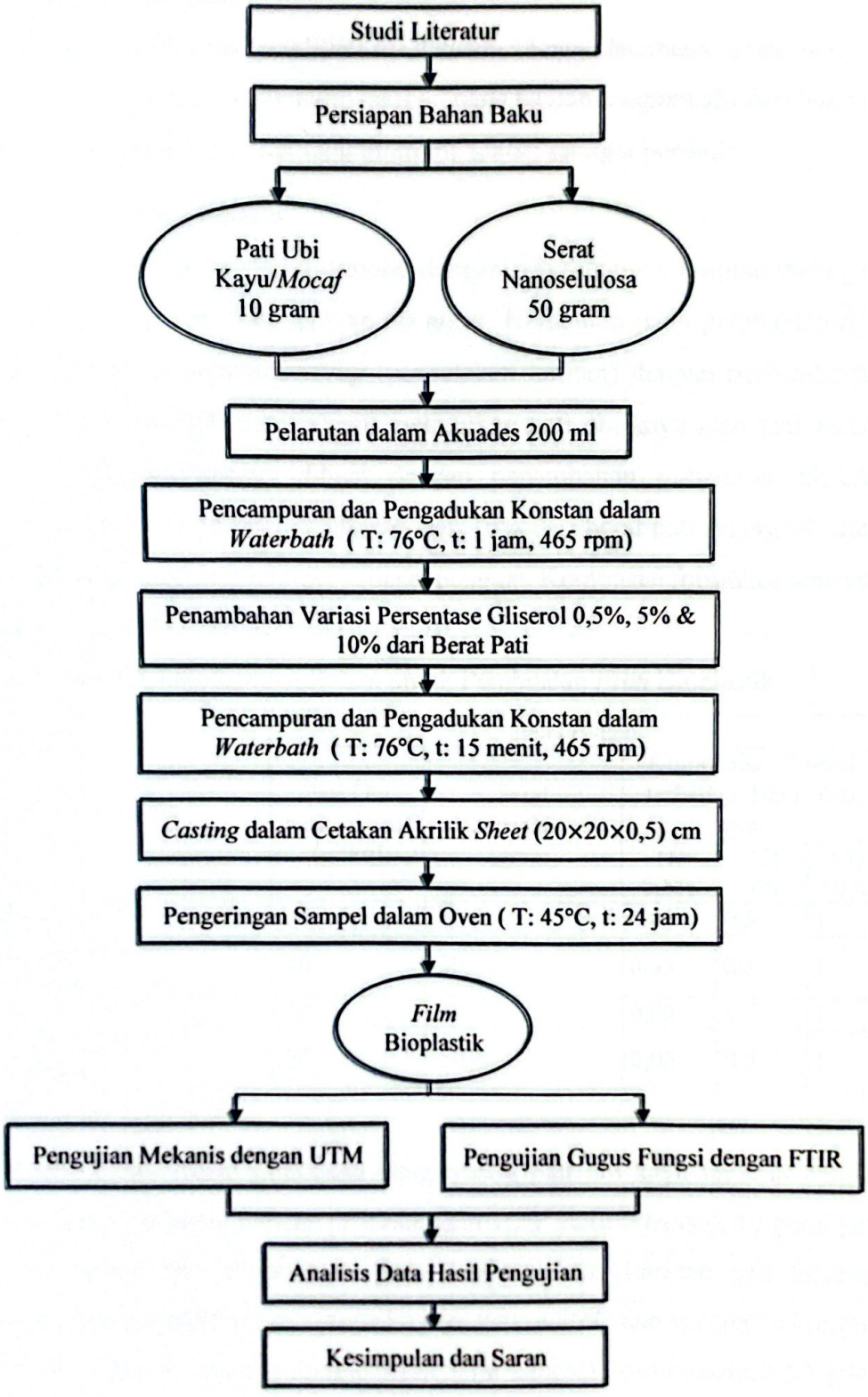
1. Perbandingan pati : akuades : 1:20
2. Berat Pati Ubi Kayu dan Pati *Mocaf* : 10 gram
3. Berat Serat Nanoselulosa (CNF) : 50 gram
4. Suhu kondisi operasi di *Waterbath* : 76°C
5. Suhu gelatinasi : 70°C
6. Waktu pencampuran serat nanoselulosa : 5 menit
7. Waktu pengadukan : 1 jam
8. Waktu pencampuran gliserol : 15 menit
9. Waktu pengeringan : 24 jam
10. Suhu pengeringan sampel di oven : 45°C
11. Kecepatan pengaduk pencampuran : 465 rpm

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada penelitian agar diperoleh hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: persentase berat gliserol 0,5%, 5% dan 10% dari berat pati kering.

3.4 Diagram Alir Proses Pembuatan *Film* Bioplastik

Gambar III.1 memperlihatkan prosedur penelitian yang digambarkan dalam diagram alir tahapan penelitian pembuatan *film* bioplastik pati ubi kayu/serat nanoselulosa dan pati *mocaf*/serat nanoselulosa.



Gambar III.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian Pembuatan *Film* Bioplastik Pati Ubi Kayu/Serat Nanoselulosa dan Pati *Mocaf*/Serat Nanoselulosa.

3.5 Prosedur Penelitian

Tahapan kerja dalam penelitian ini disusun secara sistematis sesuai dengan diagram alir penelitian yang telah dipaparkan pada bagian diagram alir dari bab ini. Prosedur atau tahapan kerja dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Persiapan Bahan Baku

Pada persiapan bahan baku dimulai dengan penghilangan kotoran pada pati dengan cara pengayakan pada ayakan 80 *mesh*. Kemudian pada pembuatan *film* bioplastik digunakan metode *casting* (pencetakan larutan) dengan perbandingan pati : akuades yaitu 1:20 dengan cara melarutkan pati ubi kayu atau pati *mocaf* kemudian mencampurkannya dibuat dengan penambahan *plasticizer* gliserol dengan variasi persentase berat 0,5%, 5% dan 10% dari berat pati kering 10 gram dan penambahan serat nanoselulosa sebagai penguat. Komposisi formulasi material pembuatan bahan dapat dilihat pada Tabel III.1.

Tabel III.1 Komposisi Bahan untuk Pembuatan *Film* Bioplastik

Nama Sampel	Jenis Bahan				
	Pati Ubi Kayu/*mocaf* (gram)	Serat Nanoselulosa (gram)	Komposisi Gliserol terhadap Berat Pati (gram)		
			(1) 0,5%	(2) 5%	(3) 10%
Pati Ubi Kayu	10	-	0,05	0,5	1
Pati Ubi Kayu/ Serat Nanoselulosa	10	50	0,05	0,5	1
Pati *Mocaf*	10	-	0,05	0,5	1
Pati *Mocafl* Serat Nanoselulosa	10	50	0,05	0,5	1

3.5.2 Pencampuran Bahan

Pencampuran bahan dilakukan dengan cara pati ubi kayu terlebih dahulu dilarutkan dalam akuades dengan perbandingan 1:20 yaitu sebanyak 10 gram pati dilarutkan dalam 200 ml akuades pada *beaker glass*. Larutan pati tersebut dimasukan dalam *waterbath* dengan suhu pemanasan 76°C dan kecepatan konstan sekitar ±465 rpm. Kemudian ditambahkan serat nanoselulosa sebanyak 50 gram yang terlebih dahulu dilarutkan dalam akuades. Larutan serat nanoselulosa tersebut dimasukan ke dalam larutan pati dan diaduk dalam *waterbath* dengan kecepatan konstan sekitar ±465 rpm selama 1 jam sampai suhu gelatinasi tercapai ±70°C

dilihat dengan menggunakan *thermometer*, tunggu sampai larutan tersebut berbentuk gel bening, kemudian ditambahkan variasi gliserol masing-masing sebesar 0,5%; 5% dan 10% dari berat pati kering dan aduk kembali dengan kecepatan konstan selama ±15 menit.

Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan bioplastik dengan pati ubi kayu terfermentasi (*mocaf*) juga dibuat sebagai pembanding. Penambahan dengan konsentasi gliserol 0,5% ; 5% dan 10% dari berat kering pati dan serat nanoselulosa sebanyak 50 gram.

3.5.3 Pencetakan dan Pengeringan

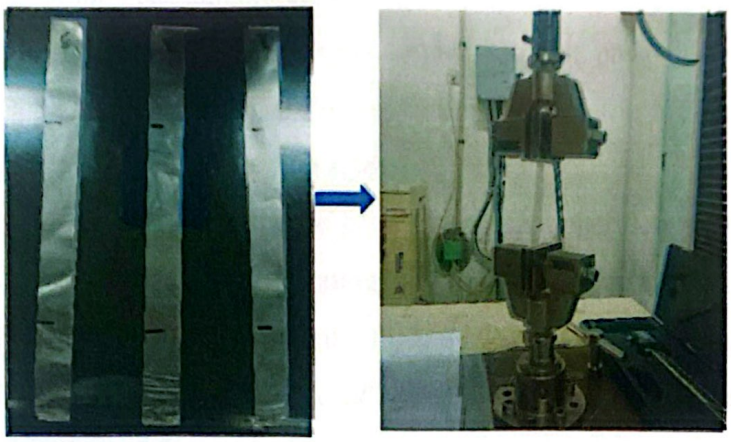
Hasil pencampuran bahan yang sudah homogen dalam mesin *waterbath* kemudian di cetak pada cetakan akrilik *sheet* berukuran (20×20×0,5) cm dan diratakan dengan menggunakan spatula, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 24 jam. *Film* bioplastik yang sudah kering dilepas dari cetakan dengan menggunakan cutter dan pinset. hasil yang diperoleh dalam bentuk lembaran *film* siap untuk dikarakterisasi.

3.6 Pengujian Hasil

Hasil lembaran bioplastik dilakukan uji sifat mekanis dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dan uji gugus fungsi dengan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

3.6.1 Pengujian Sifat Mekanis

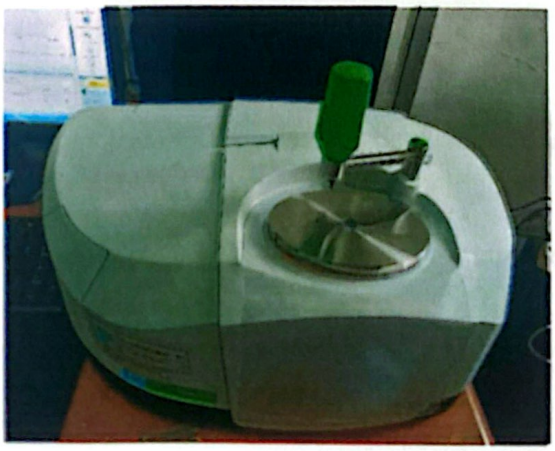
Uji sifat mekanis dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Shimadzu Autograph AG-IS 50kN dengan mengikuti ASTM-D882-75b *Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting* untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan elongasi *film* bioplastik yang dihasilkan. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dipotong menggunakan cutter dengan ukuran (1,5×20) cm. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung sampel dijepit pada mesin penguji dan sampel ditarik dengan pembebanan tertentu sampai sampel yang diuji putus. Hasil besar nilai kekuatan tarik dan elongasi akan dibaca setelah penarikan sampel. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali setiap sampel untuk diperoleh rata-rata kekuatan tarik. Gambar III.2 menunjukan proses pengujian sifat mekanis pada sampel.



Gambar III.2 Proses Pengujian Sifat Mekanis Sampel (a) Sampel (b) Penjepitan Sampel pada Alat UTM

3.6.2 Pengujian Gugus Fungsi

Pengujian Gugus Fungsi/komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi organik serta anorganik dari bahan baku Pati Ubi Kayu/Serat Nanoselulosa dan Pati *Mocaf*/Serat Nanoselulosa yang dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) tipe PerkinElmer Spectrum Two dengan metode ATR seperti pada Gambar III.3 yang terdapat pada laboratorium instrumen Biomaterial LIPI Cibinong, dengan prosedur sebagai berikut :



Gambar III.3 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

1. Sambungkan kabel instrumen dengan sumber listrik.
2. Nyalakan UPS dengan menekan tombol *"Power"* dan tombol *"On"*.
3. Hidupkan komputer
4. Buka program *"Spectrum"*.

5. Pilih *"User"* : administrator, untuk pengguna umum.
6. Buka pelindung pada permukaan uji
7. Pilih metal tip yang sesuai dengan kondisi sampel: padatan acak (serbuk, agregat), padatan rata (*film*, lembaran), cairan.
8. Pasang metal tip pada ujung tuas hijau.
9. Pilih kondisi pengujian : bilangan gelombang, scan repetition, resolution.
10. Tekan tombol "Scan" untuk scanning background, dengan kondisi permukaan uji bersih, tidak ada sampel dan tuas hijau tidak ada di atas permukaan uji.
11. Isi nama sampel (pada "*sample id*") dan keterangan (pada "*description*"). Siapkan folder untuk simpan data.
12. Letakkan sampel di atas permukaan uji, menutupi area uji.
13. Putar tuas hijau, sampai menekan sampel.
14. Tekan tombol "*Scan*" untuk *previewing*.
15. Putar tuas hijau, menekan sampel sampai *force gauge* menunjukkan 80.
16. Tekan tombol "*Scan*" untuk merekam data.
17. Simpan data spektra.
18. Silahkan mengulang tahap 10 sd 16 untuk sampel berikutnya.
19. Setelah selesai pengujian, bersihkan permukaan uji dan metal tip dengan aseton.
20. Matikan program "*Spectrum*" dengan memilih menu "*Exit*".
21. Matikan komputer.
22. Tekan tombol *power* pada FTIR selama 3 detik sampai lampunya berwarna orange.
23. Tekan tombol *stand by* pada UPS selama 3 detik sampai terdengar bunyi dan layarnya menunjukkan posisi *stand by*.

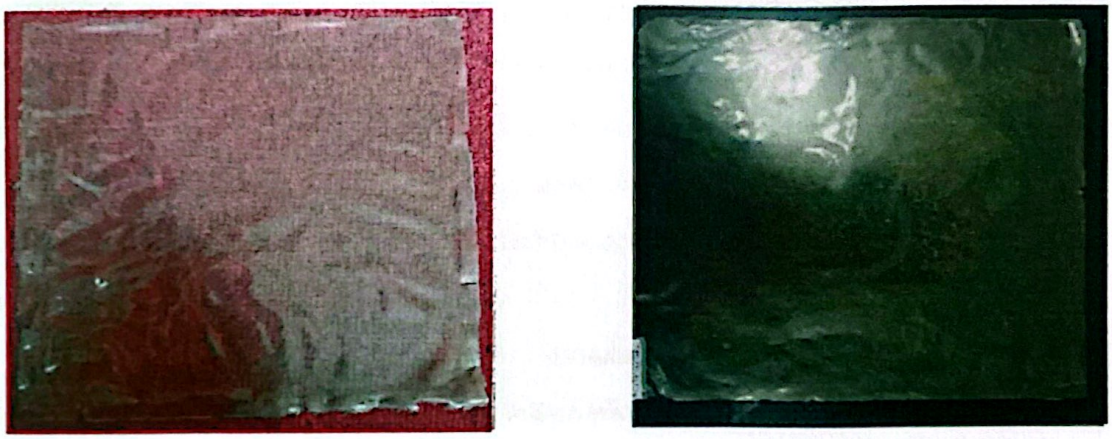
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil pembuatan dan analisis produk bioplastik pati ubi kayu dan pati *mocaf* dengan variasi persentase berat gliserol 0,5%, 5%, 10% dari berat pati dan penambahan serat nanoselulosa menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

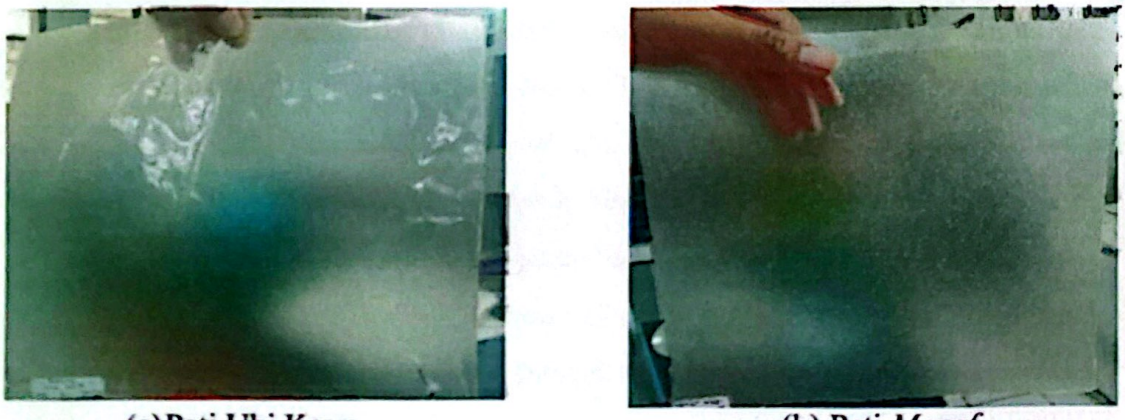
4.1 Hasil Pembuatan *Film* Bioplastik

Hasil pembuatan *film* bioplastik terdapat pada Gambar IV.1 dan IV.2.



(a)Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*

Gambar IV.1 *Film* Bioplastik tanpa Penambahan Serat Nanoselulosa: (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*.



(a)Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*

Gambar IV.2 *Film* Bioplastik dengan Penambahan Serat Nanoselulosa: (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*.

Film bioplastik yang dihasilkan dapat diamati dengan cara pengamatan visual. Dari Gambar IV.1(a) dan (b) tersebut menunjukan hasil *film* bioplastik pati ubi kayu dan pati *mocaf* tanpa serat nanoselulosa bersifat tipis, transparan dan halus pada permukaan bioplastik di mana komponen-komponen penyusun *film* tersebut dapat dikatakan homogen. Sedangkan Gambar IV.2(a) dan (b) *film* bioplastik yang ditambahkan serat nanoselulosa secara visual dapat dikatakan bahwa serat nanoselulosa tidak sepenuhnya terdistribusi secara merata pada *film* bioplastik, hal ini ditunjukan dengan adanya serat-serat kecil dan kasar pada permukaan *film* bioplastik dan warna plastik yang sedikit buram.

Dari referensi yang sudah dilakukan oleh (Masruchin dkk., 2015b) dimensi serat nanoselulosa (CNF) memiliki ukuran diameter ±7nm dari panjang dalam mikrometer. Pada ukuran serat nano <100 nm lebih kecil dari panjang gelombang sinar tampak maka serat nanoselulosa bersifat transparan (tembus pandang). Namun, akibat proses pengeringan, serat nanoselulosa teraglomerasi dengan granula pati sehingga *film* bioplastik terlihat sedikit buram dan terdapat serat-serat kecil.

Pengamatan dari *film* tipis tersebut meliputi kehomogenan dan ketransparanan *film*. *Film* tersebut homogen jika tidak terlihat lagi perbedaan antara komponen-komponen penyusunnya, baik dalam bentuk maupun warna karena komponen-komponennya telah tercampur secara merata (Rosida, 2007).

4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik *Film* Bioplastik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis yaitu kekuatan tarik dan elongasi dari *film* bioplastik yang dihasilkan. Serat nanoselulosa sebagai bahan tambahan bioplastik pati ubi kayu dan pati *mocaf* dengan tujuan memperbaiki sifat mekanis *film* bioplastik. Hasil kekuatan tarik *film* bioplastik pati ubi kayu dan pati *mocaf* dapat dilihat pada Gambar IV.3(a) dan (b).

Melalui Gambar IV.3(a) bahwa *film* bioplastik pati ubi kayu tanpa penambahan serat nanoselulosa mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 6,865 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan tertinggi ditunjukkan pada *film* bioplastik pati ubi kayu dengan penambahan serat nanoselulosa sebesar 6,443 N/mm².

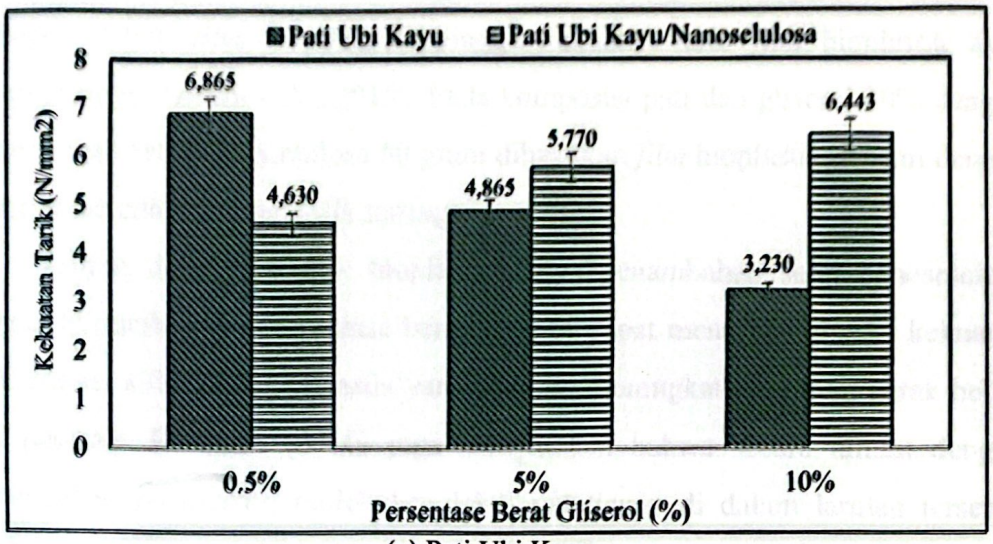
Hal ini menunjukan dengan bertambahnya persentase berat gliserol tanpa adanya penambahan serat nanoselulosa menurunkan nilai kekuatan tarik pada *film*

pati ubi kayu yang dihasilkan. Hal tersebut di sebabkan semakin banyak persentase berat gliserol membuat struktur polimer pada pati tidak kokoh sehingga kemampuan interaksi antar molekul menurun. Menurut Gontard (1993) gliserol bersifat hidrofilik akan melemahkan struktur ikatan hidrogen pada pati sehingga cenderung menurunkan kemampuan interaksi antar molekul. Fenomena ini disebut sebagai *slippage* (terselip) yang menyebabkan mobilitas rantai polimer pati mempunyai mobilitas/pengarahan yang tinggi karena penambahan gliserol.

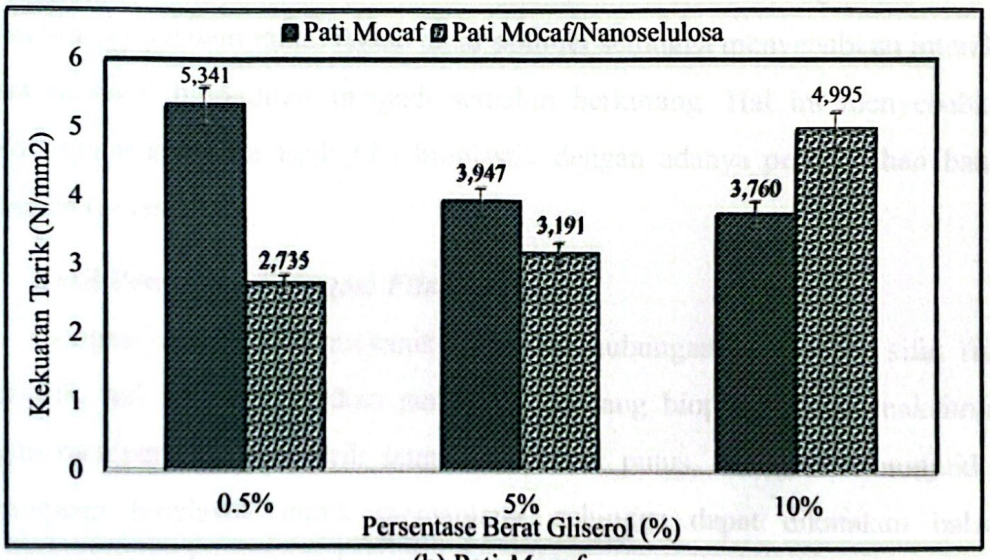
Dengan adanya penambahan serat nanoselulosa, nilai kekuatan tarik perlahan mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah gliserol, hal ini menunjukan sinergi yang bagus antara gliserol dan serat nanoselulosa. Dimensi ukuran serat nanoselulosa juga mempengaruhi kekuatan tarik film bioplastik yang dihasilkan, menurut Wicaksono dkk. (2013) serat berukuran nano menghasilkan luas permukaan yang besar sehingga mengurangi jumlah rongga yang menyusun bioplastik sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik.

Pada Gambar IV.3(b) *Film* bioplastik berbasis pati ubi kayu terfermentasi (*mocaf*) tanpa penambahan serat nanoselulosa memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 5,341 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada *film* bioplastik pati *mocaf* dengan penambahan serat nanoselulosa sebesar 4,995N N/mm². Hal ini serupa dengan hasil *film* bioplastik pati ubi kayu bahwa tanpa adanya penambahan serat nanoselulosa dengan bertambahnya persentase berat gliserol kekuatan tarik yang dihasilkan semakin menurun.

Namun, secara umum kekuatan mekanis film bioplastik mocaf lebih rendah jika dibandingkan dengan kekuatan mekanis film bioplastik pati ubi kayu, hal ini disebabkan karena mocaf mengalami proses fermentasi dengan penambahan enzim sellulolitik dan pektinolitik yang menyebabkan hidrolisis pati mengalami liberasi pada granula sehingga rantai polimer pati menjadi lebih pendek yang dapat dibuktikan melalui Gambar II.3 morfologi granula pati mocaf dengan menggunakan SEM. Bahwa granula pati mocaf memiliki ukuran granula yang tidak seragam dibandingkan dengan pati ubi kayu sehingga menyebabkan viskositas mocaf akan mengalami penurunan yang menyebabkan ikatan antar pati menurun. Namun, dengan penambahan serat nanoselulosa ikatan dalam film bioplastik mocaf dapat ditingkatkan.



(a) Pati Ubi Kayu



(b) Pati *Mocaf*

Gambar IV.3 Pengaruh Penambahan Persentase Berat Gliserol dan Serat Nanoselulosa Terhadap Kekuatan Tarik *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*.

Dari Gambar IV.3(a) dan (b) dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan penguat serat nanoselulosa seiring kenaikan persentase berat gliserol dapat menghasilkan kekuatan tarik yang semakin tinggi dibandingkan tanpa penambahan serat nanoselulosa. Hal ini dikarenakan distribusi serat yang baik dan gugus-gugus pada serat nanoselulosa dapat menangkap elektron dari gugus hidroksil (OH) pada polimer dari pati sehingga gugus tersebut dapat berikatan. Kekuatan tarik dari *film* bioplastik sangat dipengaruhi oleh kandungan penguat

bioplastik yang ditambahkan, karena penambahan penguat akan menaikkan ikatan hidrogen dalam *film* bioplastik sehingga kekuatan tarik *film* bioplastik akan semakin tinggi (Amni dkk., 2015). Pada komposisi pati dan gliserol 10% dengan penambahan serat nanoselulosa 50 gram dihasilkan *film* bioplastik dengan dengan fleksibilitas dan kekuatan tarik tertinggi.

Namun disisi lain *film* bioplastik tanpa penambahan serat nanoselulosa dengan bertambahnya persentase berat gliserol dapat menurunkan nilai kekuatan tarik karena sifat dari pemplastis yang mampu meningkatkan ruang gerak bebas dari polimer. Purwanti (2010) juga menyatakan bahwa secara umum dengan penambahan *plasticizer*, molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik *film* bioplastik dengan adanya penambahan bahan tambahan (*plasticizer*).

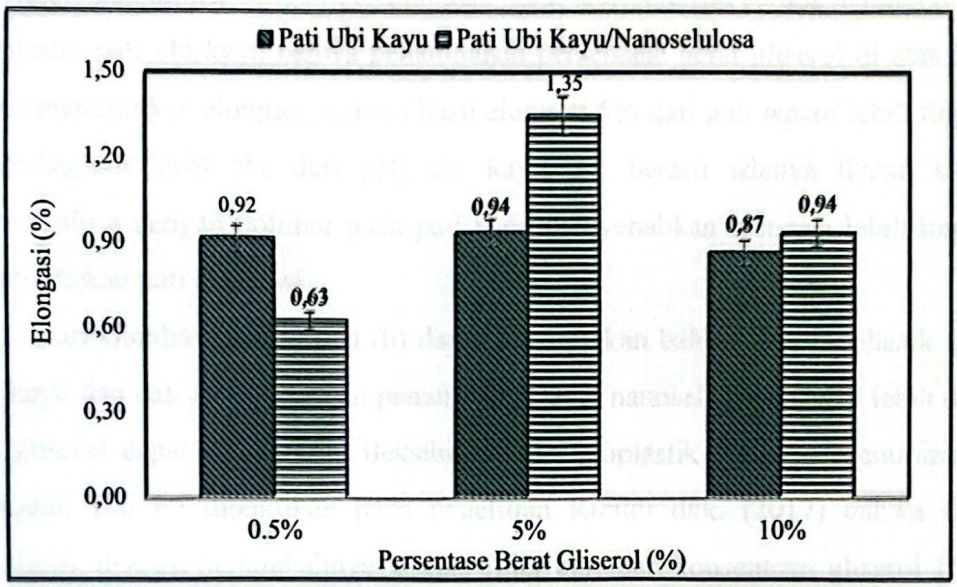
4.3 Hasil Pengujian Elongasi *Film* Bioplastik

Elongasi adalah sifat mekanis yang erat hubungannya dengan sifat fisik bioplastik, hal ini menunjukkan perubahan panjang bioplastik saat maksimum dengan memperoleh gaya tarik sampai bioplastik putus. Elongasi menunjukkan kemampuan bioplastik untuk memanjang, sehingga dapat dikatakan bahwa elongasi menentukan elastisitas suatu *film* bioplastik, adanya interaksi antar molekul pati dengan gliserol dan serat nanoselulosa mengakibatkan *film* bioplastik semakin elastis dan tingkat elongasi dari *film* bioplastik akan bertambah besar.

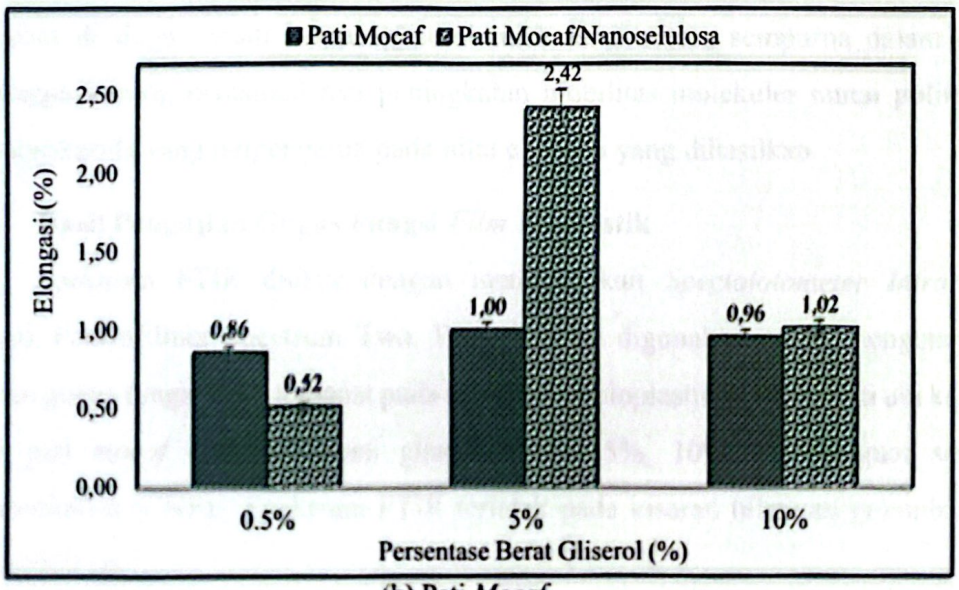
Melalui Gambar IV.4(a) *film* bioplastik pati ubi kayu tanpa penambahan serat nanoselulosa elongasi tertinggi yaitu pada persentase berat gliserol 5% sebesar 0,94%. Sedangkan pada *film* bioplastik pati ubi kayu dengan penambahan serat nanoselulosa elongasi tertinggi yaitu pada *film* bioplastik pati ubi kayu dengan persentase berat gliserol 5% sebesar 1,35%.

Ini berarti penambahan persentase berat gliserol lebih dari 5% akan menyebabkan sifat elongasi *film* bioplastik pati ubi kayu dengan penambahan serat nanoselulosa akan menurun. Menurut Masruchin (2019), Penurunan elongasi ini disebabkan oleh adanya ikatan serat nanoselulosa dan pati yang belum sempurna,

serat nanoselulosa yang belum merata, dan buruknya adhesi antara serat nanoselulosa dan *base* pati menyebabkan timbulnya ruang kosong dan menyebabkan perpindahan tekanan ke serat nanoselulosa menjadi tidak efisien sehingga mengakibatkan elongasi menurun.



(a) Pati Ubi Kayu



(b) Pati *Mocaf*

Gambar IV.4 Pengaruh Penambahan Persentase Berat Gliserol dan Serat Nanoselulosa Terhadap Elongasi *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati *Mocaf*.

Sedangkan pada Gambar IV.4(b) elongasi tertinggi pada *film* bioplastik pati *mocaf* tanpa penambahan serat nanoselulosa yaitu pada persentase berat gliserol 5% sebesar 1,00%. Sedangkan *film* bioplastik *mocaf* dengan penambahan serat nanoselulosa elongasi tertinggi yaitu pada gliserol 5% sebesar 2,35%. Hasil bioplastik pati *mocaf* dengan penambahan serat nanoselulosa serupa dengan hasil bioplastik pati ubi kayu bahwa penambahan persentase berat gliserol di atas 5% dapat menurunkan elongasi, namun hasil elongasi 5% dari pati *mocaf* lebih tinggi dibandingkan hasil 5% dari pati ubi kayu. Ini berarti adanya ikatan serat nanoselulosa dengan polimer pada pati yang menyebabkan elongasi lebih tinggi dibandingkan pati ubi kayu.

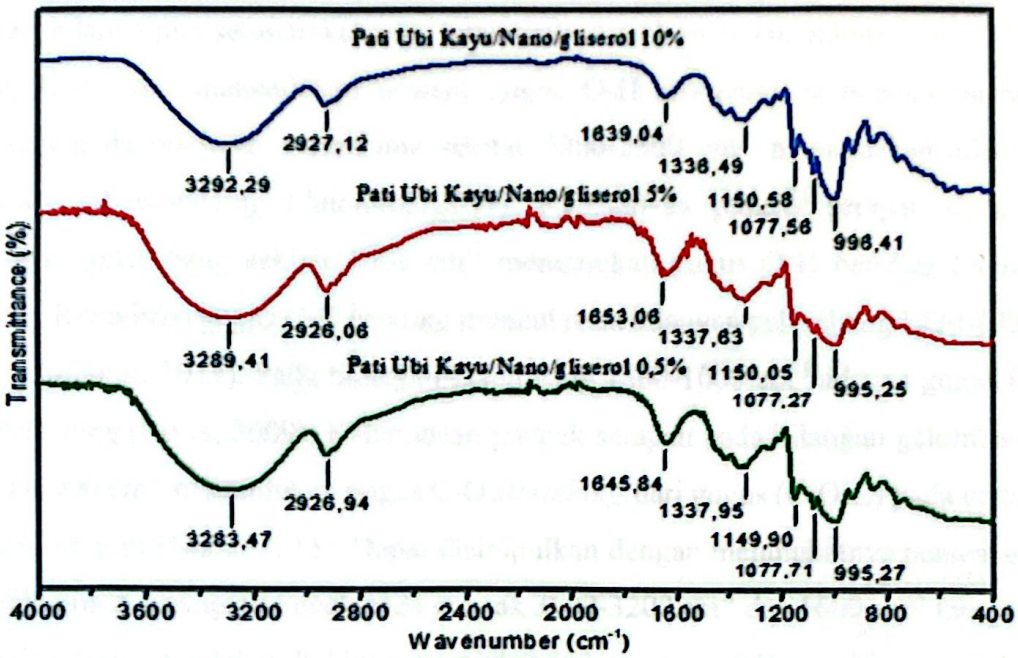
Dari Gambar IV.4(a) dan (b) dapat disimpulkan bahwa *film* bioplastik pati ubi kayu dan pati *mocaf* dengan penambahan serat nanoselulosa (CNF) lebih dari 5% gliserol dapat mengurangi fleksibilitas *film* bioplastik sehingga menurunkan elongasi. Hal ini dibuktikan pada penelitian Rifaldi dkk. (2017) bahwa *film* bioplastik dengan bertambahnya jumlah filler clay dan konsentrasi gliserol 10% menghasilkan nilai elongasi yang tidak seragam. Menurut Rifaldi dkk., (2017) hal tersebut di duga terjadi karena gliserol tidak larut secara sempurna dalam air sehingga kurang maksimal nya peningkatan mobilitas molekuler rantai polimer monosakarida yang berpengaruh pada nilai elongasi yang dihasilkan.

4.4 Hasil Pengujian Gugus Fungsi *Film* Bioplastik

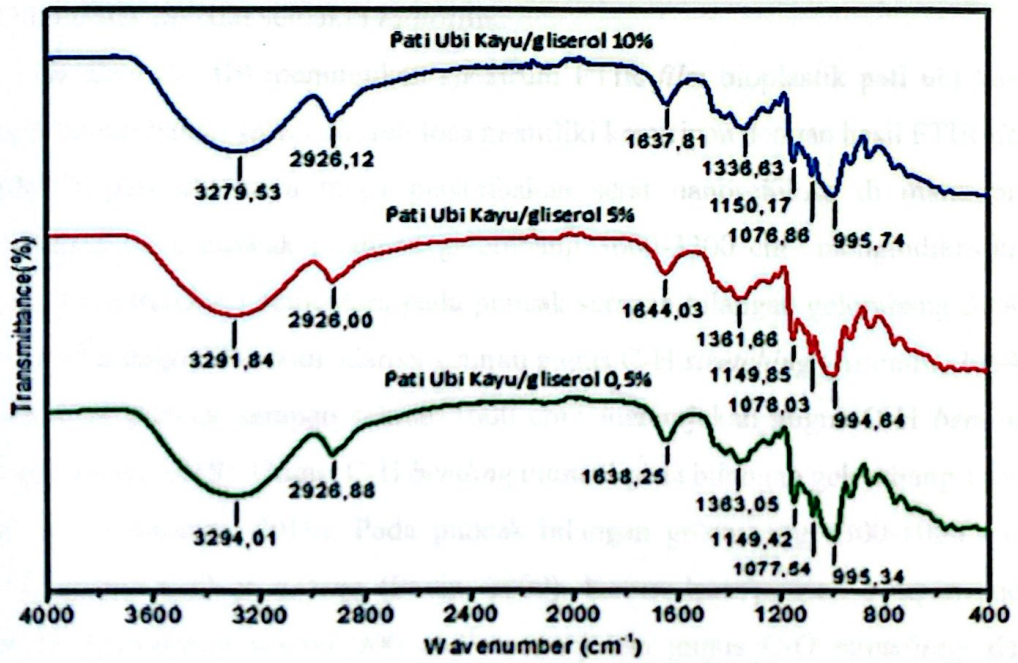
Spektrum FTIR diukur dengan menggunakan *Spectofotometer Infrared* merek PerkinElmer Spectrum Two. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui ikatan gugus fungsi yang terdapat pada sampel *film* bioplastik berbasis pati ubi kayu dan pati *mocaf* dengan variasi gliserol 0,5%, 5%, 10% dan penguat serat nanoselulosa (CNF). Spektrum FTIR terletak pada kisaran bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1}.

4.4.1 *Film* Bioplastik Pati Ubi Kayu/Serat Nanoselulosa

Pada Gambar IV.5(a) dan (b) merupakan hasil spektrum FTIR pati ubi kayu dengan variasi gliserol 0,5%, 5% dan 10% tanpa penambahan serat nanoselulosa dan spektrum pati ubi kayu dengan penambahan serat nanoselulosa.



(a) Pati Ubi Kayu



(b) Pati Ubi Kayu dengan Serat Nanoselulosa

Gambar IV.5 Spektra FTIR *Film* Bioplastik (a) Pati Ubi Kayu (b) Pati Ubi Kayu dengan Serat Nanoselulosa.

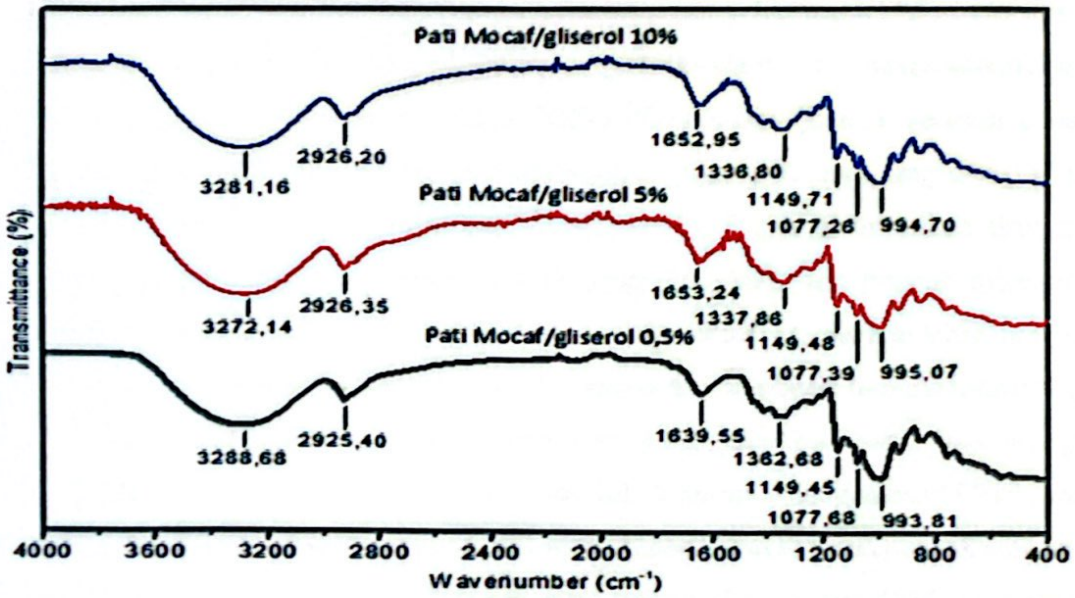
Hasil FTIR pada Gambar IV.5(a) spektrum *film* bioplastik pati ubi kayu dengan variasi persentase berat gliserol menunjukan bahwa memiliki kemiripan nilai panjang gelombang. Penambahan *plasticizer* gliserol tidak menunjukan

puncak baru yang berarti tidak terbentuknya gugus baru. Di mana dapat dilihat bahwa adanya pita serapan kuat dan lebar pada daerah bilangan gelombang sekitar 3600-3200 cm^{-1} menandakan adanya gugus O-H *stretching* sementara daerah serapan pada bilangan gelombang sekitar 3000-2500 cm^{-1} menandakan adanya gugus C-H *stretching* (Anonim, 2019). Keberadaan puncak serapan dengan bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} menunjukan gugus O-H *bending* (Niazi, 2015). Kehadiran gugus C-H *bending* muncul pada bilangan gelombang 1420-1330 cm^{-1} (Anonim, 2019). Pada bilangan gelombang 1300-1000 cm^{-1} adanya gugus C-O *stretching* (Pavia, 2009). Keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 900 cm^{-1} menunjukan gugus C-O *stretching* dari gugus (C-O-C) pada ikatan glikosidik pati (Niazi, 2015). Dapat disimpulkan dengan meningkatnya persentase jumlah gliserol yang ditambah pada puncak 3600-3200 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} menjadi semakin tajam dan lebar, hal ini menunjukan bahwa gugus OH semakin meningkat dan bioplastik bersifat semakin hidrofilik.

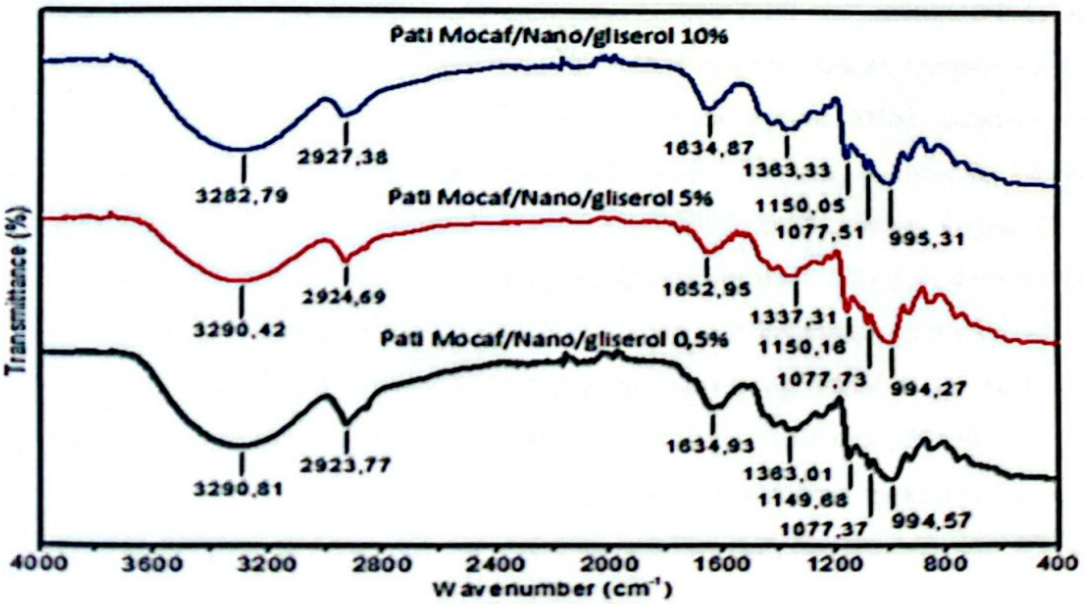
Gambar IV.5(b) menunjukan spektrum FTIR *film* bioplastik pati ubi kayu dengan penambahan serat nanoselulosa memiliki kemiripan dengan hasil FTIR *film* bioplastik pati ubi kayu tanpa penambahan serat nanoselulosa di mana pita penyerapan pada puncak bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} mengindikasikan gugus O-H *stretching* sementara pada puncak serapan bilangan gelombang 3000-2600 cm^{-1} mengindikasikan adanya getaran gugus C-H *stretching* (Anonim, 2019). Keberadaan puncak serapan sekitar 1600 cm^{-1} menunjukan gugus O-H *bending* (Hospodarova, 2018). Gugus C-H *bending* muncul pada bilangan gelombang 1450-1300 cm^{-1} (Anonim, 2019). Pada puncak bilangan gelombang 1300-1000 cm^{-1} adanya gugus C-O *stretching* (Pavia, 2009). Keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 900 cm^{-1} menunjukan gugus C-O *stretching* dari kelompok gugus karboksil yang mencirikan komponen dari serat nanoselulosa yang ditandai dari (C-O-C) pada ikatan β glikosidik (Masruchin dkk., 2015a ; Masruchin dkk., 2015b). Hal ini menunjukan bahwa gugus pati dan gugus serat nanoselulosa tidak berikatan secara kimia karena tidak terdapatnya puncak baru, sehingga pati dan serat nanoselulosa hanya membentuk interaksi fisik.

4.4.2 *Film* Bioplastik Pati *Mocaf*/Serat Nanoselulosa

Pada Gambar IV.6(a) dan (b) spektrum FTIR terlihat spektrum *film* bioplastik pati *mocaf* dengan variasi gliserol 0,5%, 5% dan 10% tanpa penambahan serat nanoselulosa dan spektum dengan penambahan serat nanoselulosa.



(a) Pati *Mocaf*



(b)) Pati *Mocaf* dengan Serat Nanoselulosa

Gambar IV.6 Spektra FTIR *Film* Bioplastik (a) Pati Mocaf (b) Pati *Mocaf* Dengan Serat Nanoselulosa.

Pada Gambar IV.6(a) menunjukan spektrum FTIR *film* bioplastik pati *mocaf* menunjukan adanya puncak serapan kuat dan lebar pada daerah panjang gelombang

sekitar 3600-3200 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus O-H *stretching* sementara pada bilangan gelombang sekitar 3000-2600 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus C-H *stretching* (Anonim, 2019). Keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} menunjukan gugus O-H *bending* (Niazi, 2015). Kehadiran gugus C-H *bending* muncul pada bilangan gelombang 1420-1330 cm^{-1} (Anonim, 2019). Pada bilangan gelombang 1300-1000 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus C-O *stretching* (Pavia, 2009). Keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 900 cm^{-1} menunjukan gugus C-O *stretching* dari gugus (C-O-C) pada ikatan glikosidik pati (Niazi, 2015). Dapat disimpulkan dengan meningkatnya persentase jumlah gliserol yang ditambah pada puncak bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} menjadi semakin tajam dan lebar, hal ini menunjukan bahwa gugus OH semakin meningkat dan bioplastik bersifat hidrofilik.

Gambar IV.6(b) menunjukan spektrum FTIR *film* bioplastik pati *mocaf* dengan penambahan serat nanoselulosa memiliki kemiripan dengan hasil FTIR *film* bioplastik pati *mocaf* tanpa penambahan serat nanoselulosa di mana puncak serapan pada bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} menunjukan gugus O-H *stretching* sementara puncak serapan bilangan gelombang 3000-2600 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus C-H *stretching* (Anonim, 2019). Keberadaan puncak serapan sekitar 1600 cm^{-1} menunjukan gugus O-H *bending* (Hospodarova, 2018). Gugus C-H *bending* muncul pada bilangan gelombang 1450-1300 cm^{-1} (Anonim, 2019). Kehadiran puncak bilangan gelombang 1300-1000 cm^{-1} adanya gugus C-O *stretching* (Pavia, 2009). Keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 900 cm^{-1} menunjukan gugus C-O *stretching* dari kelompok gugus karboksil yang mencirikan komponen dari serat nanoselulosa yang ditandai dari (C-O-C) pada ikatan β glikosidik (Masruchin dkk., 2015a ; Masruchin dkk., 2015b).

Gambar IV.6(a) dan (b) dapat disimpulkan secara umum, spektra pati *mocaf* tidak memiliki perbedaan seragam panjang gelombang pada pengujian FTIR. Meskipun diketahui bahwa *mocaf* mengalami proses hidrolisis akibat aktivitas enzim sellulolitik dari bakteri asam laktat selama proses pembuatan *mocaf*. Untuk membuktikan perubahan tersebut masih diperlukan analisis lebih lanjut seperti mempergunakan analisis *Thermogravimety* (TGA) ataupun *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisis data maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1 Pengaruh persentase berat gliserol 0,5%, 5% dan 10% dengan penambahan serat nanoselulosa (CNF) dapat meningkatkan kekuatan tarik pada *film* bioplastik pati ubi kayu dengan nilai tertinggi sebesar 6,443 N/mm² dan *film* bioplastik pati *mocaf* sebesar 4,995 N/mm² sedangkan nilai elongasi tertinggi pada *film* bioplastik pati ubi kayu yaitu pada persentase berat gliserol 5% sebesar 1,35% dan *film* bioplastik pati *mocaf* elongasi tertinggi juga pada persentase berat gliserol 5% sebesar 2,42%.

2 Pengaruh persentase berat gliserol 0,5%, 5% dan 10% dengan penambahan serat nanoselulosa (CNF) bahwa gugus pati dan gugus serat nanoselulosa tidak terdapatnya puncak baru karena tidak berikatan secara kimia, sehingga pati dan serat nanoselulosa hanya membentuk interaksi fisik.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai persentase berat gliserol yang lebih bervariasi agar mendapatkan nilai elongasi yang optimal pada *film* bioplastik.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat nanoselulosa pada film bioplastik berbasis pati.
3. *Film* bioplastik sebaiknya ditempatkan di ruangan yang kering, tidak lembab dan dijaga suhu sekitar ±40°C atau dengan penambahan *silica* gel agar tidak tumbuh jamur pada permukaan *film* bioplastik karena dapat mempengaruhi kekuatan tarik.
4. Diperlukan analisis lanjutan mempergunakan *Thermogravimety* (TGA) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk mengetahui perubahan

karakteristik fisiko-kimia dari pati ubi kayu menjadi pati *mocaf* serta karaktristik panas dari *film* bioplastik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Amni, Chairul., Marwan., & Mariana., "Pembuatan Bioplastik Dari Pati Ubi Kayu Berpenguat Nano Serat Jerami dan ZnO", Jurnal Litbang Industri, Vol. 5 no. 2, Hal 91-99, 2015.

Anonim., "Infrared Spectroscopy Absorption Table", https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Reference/Reference_Tables/Spectroscopic_Parameters/Infrared_Spectroscopy_Absorption_Table, diakses pada tanggal 2 Februari 2019.

Ardiansyah, R., "Pemanfaatan Pati Umbi Garut Untuk Pembuatan Plastik Biodegdarable", Depok: Universitas Indonesia, 2011.

ASTM D882., "Tensile Properties Of Thin Plastic Sheeting", Annual Book of ASTM Standards, Part 35. American Society for Testing and Material (ASTM), Philadelphia. USA, 1975.

Bondenson, D., Mathew, A., & Oksman, K., "Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis", Cellulose, 13, 171–180, 2006.

Bourtoom, T., "Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties". Department of Material Product Technology. Prince of Songkla University, 2008.

Bourtoom, T., "Plasticizer Effect on the Properties of Biodegradable Blend Film from Rice Starch-Chitosan", Department of Material Product Technology, Prince of Songkla University, 2008.

Cranston, E.D., "Nanocellulose", Diakses pada tanggal 11 Juli 2019 dari http://milo.mcmaster.ca/portal/collaborate/nanocellulose-1/nanocellulose-sheet.

Darni, Y. & Utami, H., "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum", Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 7 (4), pp. 88-93, 2010.

Dureja, H., Khatak. S., Khatak. M, Kalra. M., "Amylose Rich Starch as an Aqueous Based Pharmaceutical Coating Material". International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research, 3 (1), 2011.

Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hermiati, E., "Selulosa : Karakteristik dan Pemanfaatannya", Jakarta: LIPI Press, 2019.

Favier, V., Cavaille, J.Y., Canova, G.R., & Shrivastava, S.C., "Mechanical percolation in cellulose whisker nanocomposites", Polymer Engineering and Science, 37(10), 1732–1739, 1997.

Gontard, N., Guilbert, S & Cuq, J. L., "Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Barier Properties of an Edible Wheat Gluten Film", Jurnal of Food Science, 1993.

Hospodarova, V., Singovszka, E., & Stevulova, N., "Characterization of Cellulosic Fibers by FTIR Spectroscopy for Their Further Implementation to Building Materials", American Journal of Analytical Chemistry, *09*(06), 303–310, 2018.

Husniati & Widhyastuti N., "Perbaikan mutu singkong melalui teknologi fermentasi untuk menghasilkan tepung mocaf. Jurnal Riset Industri", 7(1) 25-33, 2013.

Jabbar, U.F., "Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang", Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar, 2017.

Jonoobi, M., Oladi, R., Davoudpour, Y., Oksman, K., Dufresne, A., Hamzeh, Y., & Davoodi, R., "Different preparation methods and properties of nanostructured cellulose from various natural resources and residues: A review", Cellulose, 22(2), 935–969, 2015.

Kamsiati , E., Herawati, H., & Purwani, E.Y., "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu Dan Ubi Kayu Di Indonesia", Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian 36 (2): 67-76, 2017.

Lin, N. & Dufresne, A., "Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect", European Polymer Journal, 59, 302–325, 2014.

Mark, E.J., "Polymer Data Handbook", Oxford University Press, Inc., Oxford, pp.657, 1999.

Masruchin, N., & Park, B.-D., "Manipulation of surface carboxyl content on TEMPO-oxidized cellulose fibrils". Journal of the Korean Wood Science and Technology, 43(5), 613–627, 2015.

Masruchin, N., Park, B.D., & Causin, V., "Influence of sonication treatment on supramolecular cellulose microfibril-based hydrogels induced by ionic interaction". Journal of Industrial Engineering and Chemistry, 29, 265–272, 2015a.

Masruchin, N., Park, B.D., Causin, V., & Um, I. C., "Characteristics of TEMPO-oxidized cellulose fibril-based hydrogels induced by cationic ions and their properties", Cellulose, 22(3), 1993–2010, 2015b.

Nafchi AM, Moradpour M, Saeidi M, Alias AK., "Thermoplastic Stratches: Properties, challenges, and prospects", Stratch 65(1-2): 61-62, 2013.

Niazi, M. B. K., & Broekhuis, A. A., "Surface photo-crosslinking of plasticized thermoplastic starch films", European Polymer Journal, *64*, 229–243, 2015.

Nisa, Ardiani M., "Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol Dan Nanopartikel ZnO Terhadap Sifat Fungsional Kemasan Berbasis Poli Asam Laktat", Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2015.

Nisah, K., "Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian terhadap Karakterisasi Fisik Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Gliserol". Jurnal Biotik, ISSN: 2337-9812,Vol.5, No 2, 2017.

Park, B.D., & Causin, V., "Reinforcing Efficiencies of Two Different Cellulose Nanocrystals in Polyvinyl Alcohol-Based Nanocomposites", Current Research on Agriculture and Life Sciences, 31(4) : 250–255, 2013.

Patel, Nikita H., "Thesis. Basic Principle, Working and Instrumentation of Experimental Techniques", Sardar Patel University: 79- 80, 2015.

Pavia, Donald L., Gary, M. Lampman, George, S. Kriz & James, R. Vyvyan., "Introduction to Spectroscopy, (4th ed.)", Washington: Cengage Learning, 2009.

Purwanti, Ani., "Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol", Jurnal Teknologi, Vol. 3, No. 2, Hal 99-106, 2010.

Rifaldi, A., Irdoni, Hs., & Bahruddin., "Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan Filler Clay dan Plasticizier Gliserol", Jom FTeknik Volume 4 No.1, 2017.

Rosida, A., "Pencirian Poliblend Poliasamlaktat Dengan Polikaprolakton". Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2007.

Saputo, A. N.C., & Ovita, dan A.L. , "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (Canna Edulis)", Kimia Dan Pendidikan Kimia 2 (1): 13-21, 2017.

Sinaga, R.F., Ginting, G.M., Ginting, M.H.S., Hasibuan, R., "Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas", Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, 2014.

Stevens, E.S., "Green Plastic: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics", New Jersey: University Press, 2002.

Stuart, Barbara., "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application", John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

Subagio, A., Windrati, W.S., Witono, Y., & Fahmi., "Prosedur Operasi Standar (POS): Produksi Mocaf berbasis Klaster, Kementerian Negara Riset dan Teknologi, Jakarta, 2008.

Sudarmonowati, E., Hartati, S., Fathoni, A., & Hartati., "Biodiversitas, Perakitan Klon Unggul dan Pemanfaatan Bioresources Ubi Kayu untuk Mendukung Ketahanan Pangan", Jakarta : LIPI Press, 2018.

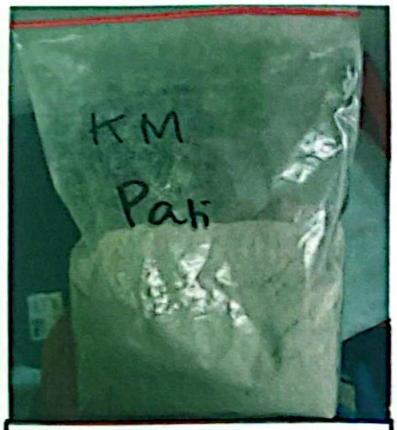
Suseno, J.E., & Firdausi, K.S., "Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. Semarang". laboratorium Elektronika & Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2008.

Wicaksono R, Syamsu K, Yuiasih J, Nasir M., "Karakterisik Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Apikasinya sebagai Penguat Film Tapioka", Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 23(1): 38-45, 2013.

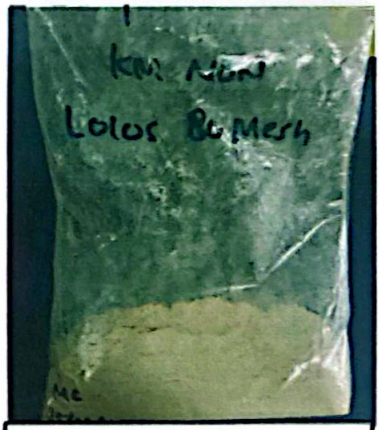
Yurida, M., Afriani, E., & Arita, S., "Pengaruh Kandungan CaO dari Jenis Adsorben Semen Terhadap Kemurnian Gliserol", Jurnal Teknik Kimia No. 2 Vol. 19, Universitas Sriwijaya, 2013.

LAMPIRAN A

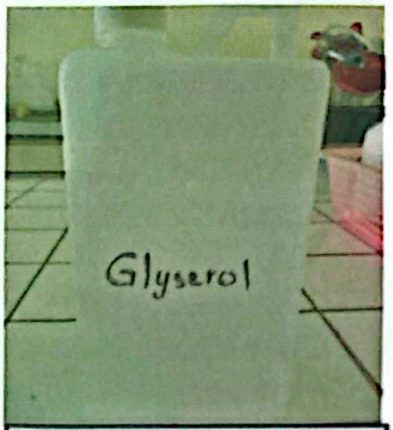
GAMBAR BAHAN



Pati Ubi Kayu Lokal



Pati *Mocaf*



Gliserol

Serat Nanoselulosa (CNF)

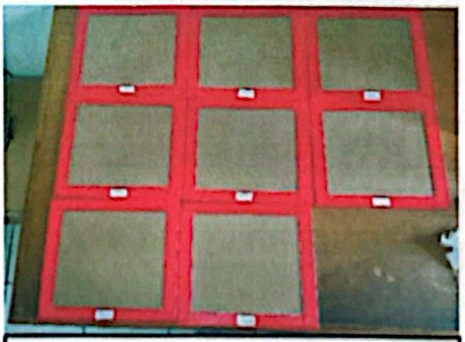
LAMPIRAN B

GAMBAR ALAT

Ayakan

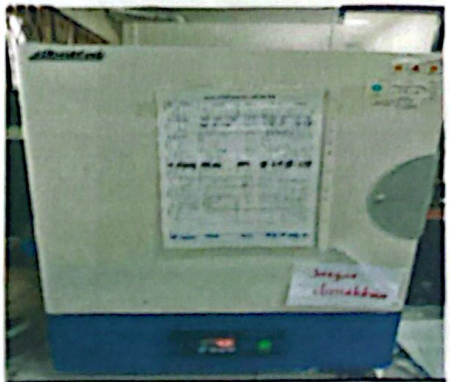
Waterbath

Neraca Analitik



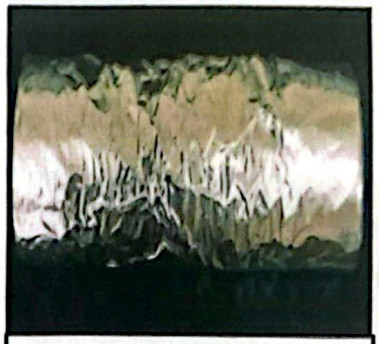
Cetakan Akrilik *sheet*
(20×20×0,5)cm

Wadah

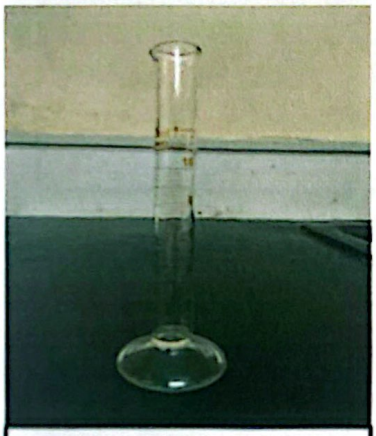


Oven

Fourier Transform Infrared (FTIR)



Aluminium Foil



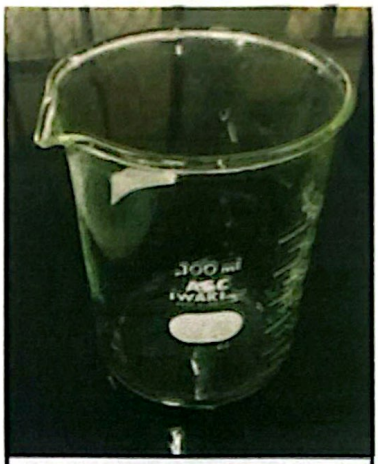
Gelas Ukur

Universal Testing Machine (UTM)

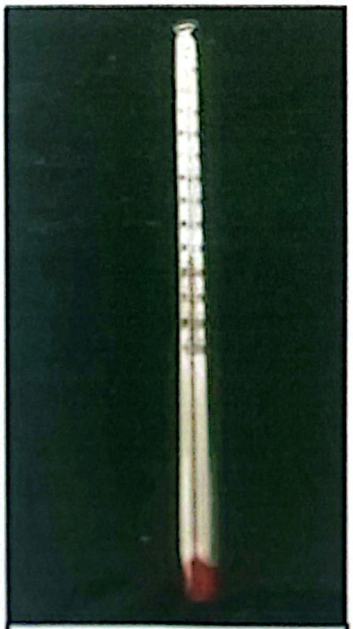
Pinset

Pengaduk mekanik

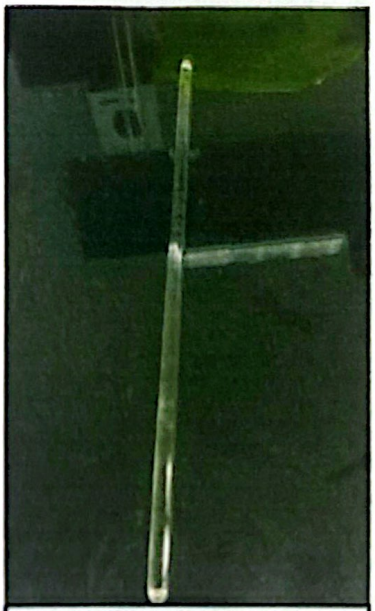
Caliper



Beaker Glass



Thermometer



Spatula

LAMPIRAN C

GAMBAR SAMPEL BIOPLASTIK

Pati Ubi Kayu /Gliserol 0,5%

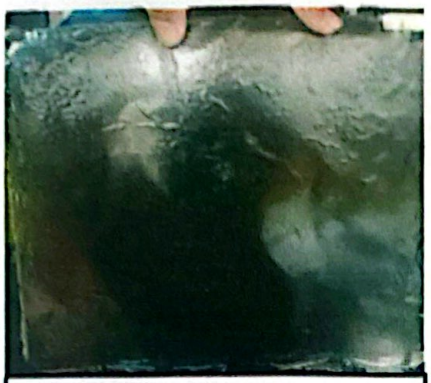
Pati *Mocaf* /Gliserol 0,5%

Pati Ubi Kayu /Gliserol 5%

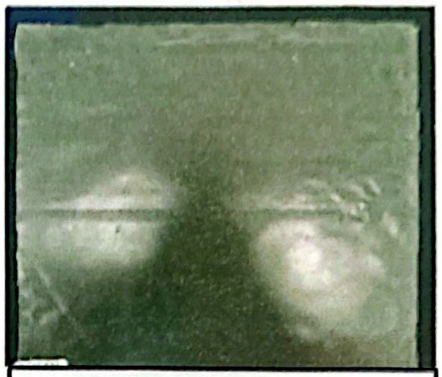
Pati *Mocaf* /Gliserol 5%

Pati Ubi Kayu /Gliserol 10%

Pati *Mocaf* /Gliserol 10%

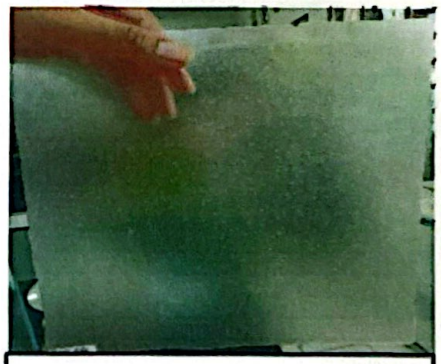


Pati Ubi Kayu/Nanoselulosa/
Gliserol 0,5%



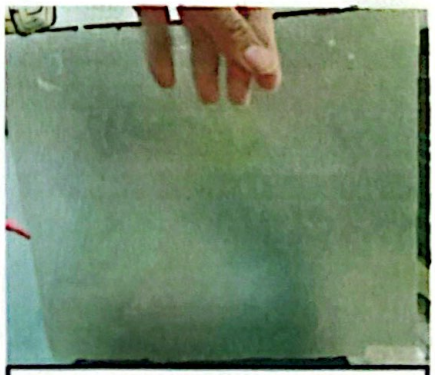
Pati *Mocaf* /Nanoselulosa/
Gliserol 0,5%

Pati Ubi Kayu/Nanoselulosa/
Gliserol 5%



Pati *Mocaf* /Nanoselulosa/
Gliserol 5%

Pati Ubi Kayu /Nanoselulosa/
Gliserol 10%



Pati *Mocaf* /Nanoselulosa/
Gliserol 10%

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN

Perbandingan Pati dan Akuades = 1:20

Berat Pati = 10gram

Berat Serat Nanoselulosa = 50gram

Akuades : 200 ml

Persentase berat gliserol = 0,5%, 5% dan 10% terhadap berat pati kering

1. Gliserol 0,5%

   $= \frac{0,5}{100} \times 10 gram\ pati$

   = 0,05 gram

2. Gliserol 5%

   $= \frac{5}{100} \times 10 gram\ pati$

   = 0,5 gram

3. Gliserol 10%

   $= \frac{10}{100} \times 10 gram\ pati$

   = 1 gram