

No. Dole: 6473

D 668.411
Jay
k

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI TAPIOKA
TERMODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN SELULOSA
BATANG SAWIT
DI PUSAT PENELITIAN BIOMATERIAL-LIPI
(November 2018 - Juli 2019)



DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima

07/08/22

OLEH :

No Induk Buku

545/TKP/SB/TA/22

NUR JAYANTI 1515017

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

2019

SUMBANGAN ALUMNI

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI TAPIOKA TERMODIFIKASI
DENGAN PENAMBAHAN SELULOSA BATANG SAWIT

DISUSUN OLEH :

NAMA : Nur Jayanti

NIM : 1515017

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

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

Jakarta, 8 Juli 2019

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI TAPIOKA TERMODIFIKASI
DENGAN PENAMBAHAN SELULOSA BATANG SAWIT

DISUSUN OLEH :

NAMA : Nur Jayanti

NIM : 1515017

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Cibinong, 7 Juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Dr. Firda Aulya Syamani, S.TP., M.Si.
NIP. 197608202005022001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI TAPIOKA TERMODIFIKASI
DENGAN PENAMBAHAN SELULOSA BATANG SAWIT

DISUSUN OLEH :

NAMA : Nur Jayanti

NIM : 1515017

PROGRAM STUDI : Teknik Kimia Polimer

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 5 Agustus 2019.

Jakarta, Agustus 2019

Penguji 1



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji 2



Syaiful Ahsan, ST, MT
NIP. 19840716201402001

Penguji 3



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019



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. 1724/PH.4/KS.02.03/III/2018

Cibinong, 16 Oktober 2018

Lampiran : -

Perihal : Perizinan Penelitian

Yth. Pembantu Direktur 1

Politeknik STMI Jakarta

Jl. Letjen Suprpto No. 28 Cempaka Putih, Jakarta

Menjawab surat Saudara No. 105/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 : Nur Jayanti


NIM : 1515017

Untuk melakukan permohonan penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI yang akan dibimbing oleh Dr. Firda Aulya Symami, S.TP, M.Si 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 Puslit Biomaterial - LIPI
- 2 Kepala Bagian Tata Usaha Puslit Biomaterial - LIPI

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Nur Jayanti
 NIM : 1515017
 Judul Tugas Akhir : KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI TAPIOKA
 TERMODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN
 SELULOSA BATANG SAWIT
 Pembimbing : Ir. Roosmariharso, MBA

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
2/04/2019	I	-Revisi Latar Belakang, Rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian & proposal.	<i>pe</i>
26/04/2019	II	- Revisi Tinjauan Pustaka	<i>pe</i>
14/05/2019	II	- Revisi Tinjauan Pustaka & landasan teori	<i>pe</i>
17/05/2019	II	- Revisi Tinjauan Pustaka (Bioplastik)	<i>pe</i>
	III	- Revisi Prosedur, Variabel tetap, Variabel bebas	
24/05/2019	II	- Revisi Tinjauan Pustaka (Bioplastik, kepa sawit, selulosa)	<i>pe</i>
17/06/2019	III	- Revisi Prosedur	<i>pe</i>
	IV	- Revisi Hasil isolasi selulosa, hasil bioplastik, dan karakterisasi bioplastik	
21/06/2019	III	- Revisi Prosedur	<i>pe</i>
	IV	- Revisi Hasil isolasi selulosa, hasil bioplastik dan karakterisasi bioplastik	
24/06/2019	V	- Revisi Tabel dan Gambar, Hasil isolasi selulosa, Hasil Bioplastik & karakterisasi	<i>pe</i>
1/07/2019	IV	- Revisi Hasil Bioplastik & karakterisasi	<i>pe</i>
4/07/2019	IV	- Revisi Hasil Bioplastik & kesimpulan	<i>pe</i>
10/07/2019	PPT	- Revisi presentasi hasil penelitian.	<i>pe</i>
11/07/2019	PPT	- Revisi presentasi hasil penelitian	<i>pe</i>

Mengetahui,
 Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
 NIP. 195405231980031004

Pembimbing,



Ir. Roosmariharso, MBA
 NIP.195405231980031004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Nur Jayanti

NIM : 1515017

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang berjudul Karakteristik Bioplastik Tapioka Termodifikasi dengan Penambahan Selulosa Batang Sawit :

- 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 ini.

Jika terbukti tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir ini dibatalkan.

Jakarta, 8 Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan

METERAI
TEMPEL
269DAAFF83450434
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Nur Jayanti

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya;
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
3. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta;
4. Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dan selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta;
6. Dr. Firda Aulya Syamani, S.TP., M.Si. selaku pembimbing di Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI;
7. Nanang Masruchin, Ph. D., selaku pembimbing kedua di Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI.
8. Pak Fazhar dan Bu Wida yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data dalam pengujian yang saya perlukan di Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI;
9. Pak Manto, Pak Dimas dan Pak Eko serta seluruh karyawan di laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI;
10. Sebrina serta sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini; dan

11. Seluruh teman-teman angkatan 2015 Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta selaku teman seperjuangan yang telah memberi semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

Untuk memanfaatkan limbah batang sawit yang melimpah di Indonesia maka batang sawit tersebut dapat digunakan sebagai *filler* plastik *biodegradable*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan tepung batang sawit (TBS) dan selulosa tepung batang sawit yang meliputi kuat tarik dan persen pemanjangan serta analisis gugus fungsi bioplastik dengan FT-IR. Variasi berat TBS dan selulosa TBS yang ditambahkan masing-masing adalah 0%; 1%; 3% dan 5% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal. Bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan selulosa lebih mempengaruhi sifat mekanis dibanding TBS. Namun semakin banyak penambahan selulosa nilai kuat tarik semakin menurun. Kuat tarik bioplastik tapioka termodifikasi tertinggi yaitu 19,68 N/mm² pada penambahan selulosa TBS 1%. Penambahan selulosa tidak dapat meningkatkan persen pemanjangan bioplastik. Sedangkan hasil uji FT-IR menunjukkan bahwa penambahan TBS ataupun penambahan selulosa TBS tidak memunculkan gugus fungsi baru.

Kata Kunci: batang sawit, bioplastik, selulosa, tapioka termodifikasi, sifat mekanis.

DAFTAR ISI

	Halaman
LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	vi
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bioplastik	5
2.2 Kelapa Sawit	7
2.3 Selulosa.....	8
2.4 Pati Tapioka	10
2.5 Zat Aditif	12
2.5.1 <i>Plasticizer</i> Gliserol	13
2.5.2 Antioksidan Asam Sitrat	13
2.6 Karakterisasi Bioplastik.....	14

2.6.1 Pengujian Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM	14
2.6.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan FT-IR.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Variabel Penelitian.....	18
3.3.1 Variabel Tetap	18
3.3.2 Variabel Bebas.....	18
3.4 Bagan Diagram Alir Prosedur Pembuatan Bioplastik	19
3.4.1 Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit	19
3.4.2 Pembuatan dan Pengujian Bioplastik	20
3.5 Prosedur Pembuatan Bioplastik.....	21
3.5.1 Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit.....	21
3.5.2 Pembuatan Bioplastik	21
3.6 Karakterisasi Bioplastik.....	22
3.6.1 Pengujian Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM	22
3.6.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan FT-IR.....	22
BAB IV PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit	24
4.2 Hasil Pembuatan Bioplastik.....	24
4.3 Karakterisasi Bioplastik.....	26
4.3.1 Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM	26
4.3.2 Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR.....	29
BAB V KESIMPULAN.....	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32

DAFTAR PUSTAKA..... 33

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 2013—2017*	1
Gambar II.1	Kelapa sawit.....	7
Gambar II.2	Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin pada Dinding Sel.....	8
Gambar II.3	Struktur Selulosa.....	9
Gambar II.4	Struktur Kimia Amilosa dan Amilopektin.....	11
Gambar II.5	Srtuktur Kimia Gliserol.....	13
Gambar II.6	Struktur Kimia Asam Sitrat.....	14
Gambar II.7	Skema Komponen Dasar FT-IR	16
Gambar III.1	Diagram Alir Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit.....	19
Gambar III.2	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bioplastik.....	20
Gambar III.3	<i>Universal Testing Mechine</i> (UTM).....	22
Gambar III.4	<i>Fourier Transferred Infrared</i> (FT-IR).....	23
Gambar IV.1	(a) Tepung Batang Sawit (b) Selulosa Tepung Batang Sawit.....	24
Gambar IV.2	Hasil Film Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi /Selulosa TBS (1%; 3%; 5%).....	25
Gambar IV.3	Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%).....	27
Gambar IV.4	Hasil Uji Persen Pemanjangan Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%).....	28
Gambar IV.5	Spektrum FT-IR Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B1) Tapioka Termodifikasi/TBS 1% dan (C1) Tapioka Termodifikasi /Selulosa TBS 1%.....	30

DAFTAR TABEL

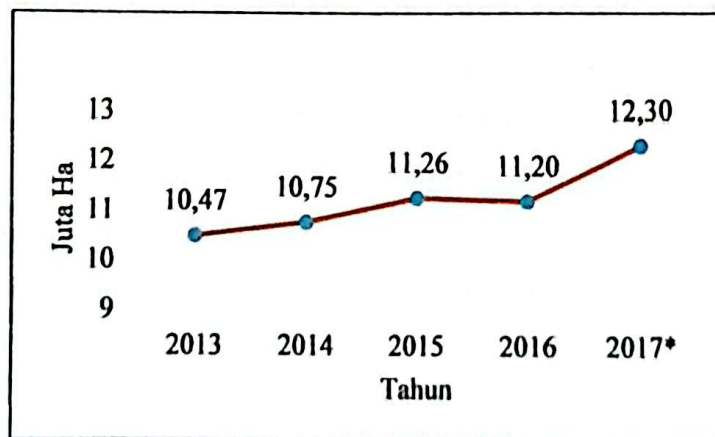
Tabel II.1	Komposisi yang Terkandung dalam Batang Kelapa Sawit	8
Tabel II.2	Kandungan Tapioka.....	10
Tabel II.3	Keunggulan Pati Modifikasi.....	12
Tabel II.4	Sifat Mekanik dari Beberapa Polimer Sintetis	15
Tabel II.5	Daerah Serapan Gugus Fungsi pada Kayu.....	16
Tabel IV.1	Formulasi dan Kode Sampel Pembuatan Bioplastik.....	25
Tabel IV.2	Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%)..	26
Tabel IV.3	Perbandingan Hasil Penelitian Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan Bioplastik dengan Polimer Sintetis Jenis LDPE dan Hasil Penelitian Sebelumnya.....	28
Tabel IV.4	Hasil Analisis Gugus Fungsi Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi (B1) Tapioka Termodifikasi/TBS 1% dan (C1) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS 1%.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia perkebunan kelapa sawit berkembang pesat. Indonesia merupakan negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian (2018), periode 2013-2017 luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia setiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan, meskipun sempat mengalami penurunan 0,52% pada tahun 2016, namun luas areal kelapa sawit pada tahun 2017 diperkirakan mengalami peningkatan kembali sekitar 9,8% atau 12.30 juta hektar dan akan terus meningkat. Data perkembangan luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia, periode 2013-2017 bisa dilihat pada Gambar I.1.



Gambar I.1 Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 2013-2017*

Keterangan: (*) perkiraan

Sumber: Data Statistik Kelapa sawit, 2017

Semakin meningkatnya luas perkebunan kelapa sawit, akan meningkat pula limbah dari perkebunan kelapa sawit, berupa batang sawit. Umumnya batang sawit dibakar atau dibiarkan menumpuk begitu saja yang sebenarnya bisa berdampak buruk bagi lingkungan. Limbah batang sawit memiliki potensi cukup besar dalam perekonomian. Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap pemanfaatan batang sawit yaitu sebagai papan partikel (Jufriah, 2007) dan dimanfaatkan sebagai bahan

baku papan plastik komposit (Wardani, 2012). Alternatif lain pemanfaatan batang sawit adalah untuk pembuatan bioplastik.

Pemanfaatan batang sawit untuk membuat bioplastik belum banyak dilakukan. Batang sawit mengandung lignin 18,1%, selulosa 45,9%, dan hemiselulosa 25,3% (Farhana, 2010). Kadar selulosa yang tinggi pada batang kelapa sawit berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku tambahan dalam pembuatan bioplastik (Khumairoh, 2016). Dengan adanya pemanfaatan limbah batang sawit, hal ini bisa mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari limbah tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sulityo & Ismiyati (2012) yang membuat bioplastik berbahan baku pati singkong dan selulosa dari rumput laut *Eucheuma spinosum*, digunakan NaOH 40% dan H₂O₂ untuk isolasi selulosa, kemudian dibuat bioplastik dengan perbandingan massa campuran pati-selulosa adalah 6:4, 7:3, 8:2, 9:1, 10:0. Bioplastik yang dihasilkan dilakukan uji tarik dan persen pemanjangan, data hasil uji menunjukkan bahwa penambahan selulosa mampu meningkatkan kuat tarik film bioplastik pada variasi tertentu, namun kandungan selulosa tidak dapat meningkatkan persen pemanjangan pada bioplastik.

Biasanya bioplastik dibuat dengan menggunakan pati yang berasal dari ubi kayu (tapioka), sagu, beras, jagung dll (Koswara, 2009). Bioplastik berbasis pati umumnya terbuat dari bahan tapioka karena ketersediannya melimpah di alam, mudah diperoleh, harganya murah dan mudah terurai (*biodegradable*). Namun, bioplastik berbasis pati memiliki beberapa kelemahan diantaranya viskositas yang rendah dan cenderung rapuh, sehingga perlu ditambahkan bahan aditif untuk meningkatkan karakteristiknya (Garcia dkk., 2011). Selulosa dari batang sawit digunakan sebagai *filler* diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat pada bioplastik berbahan dasar pati.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini batang sawit diolah menjadi serbuk kemudian diekstrak didapatkan pati dan ampasnya diolah lebih lanjut untuk mendapatkan selulosa Tepung Batang Sawit (TBS). Ampas dari batang sawit dapat dimanfaatkan sebagai *filler*, sedangkan patinya tidak digunakan karena ekstraksi batang sawit hanya menghasilkan rendemen 1,2 % berat kering dari satu batang sawit setinggi 10 m dan diameter 50 cm (Cahyaningtyas dkk., 2019).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana sifat mekanis bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan tepung batang sawit dan penambahan selulosa tepung batang sawit?
2. Bagaimana analisis gugus fungsi bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan tepung batang sawit dan penambahan selulosa tepung batang sawit?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Bahan utama: tapioka termodifikasi dan tepung batang sawit bagian tengah.
2. Bahan aditif: *plasticizer* gliserol dan antioksidan asam sitrat.
3. Isolasi selulosa tepung batang sawit dilakukan dengan dua tahap yaitu *alkali treatment* dan *bleaching*.
4. Variasi berat tepung batang sawit dan selulosa tepung batang sawit masing-masing adalah 1%; 3% dan 5 % dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal.
5. Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *casting*.
6. Sifat mekanis: kuat tarik dan persen pemanjangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui sifat mekanis bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan tepung batang sawit dan penambahan selulosa tepung batang sawit.
2. Mengetahui analisis gugus fungsi bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan tepung batang sawit dan penambahan selulosa tepung batang sawit.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Meningkatkan nilai tambah ekonomi limbah batang sawit dengan

memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

2. Mengurangi sampah plastik dengan bioplastik yang mudah terdegradasi di alam sehingga ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini merupakan gambaran tulisan secara keseluruhan. Didalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

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

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai bioplastik, kelapa sawit, zat aditif dan beberapa pengujian yaitu uji kuat tarik dan persen pemanjangan (elongasi) dengan UTM serta analisis gugus fungsi dengan FT-IR.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri dari waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, variabel tetap, variabel bebas dan prosedur.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama berisi data hasil penelitian, pengolahan, ataupun analisis data dan disajikan dalam bentuk tabel ataupun gambar. Bagian kedua pembahasan yaitu penjelasan terhadap hasil pengujian atau analisis data.

BAB V: PENUTUP

Bab ini terdiri dari kesimpulan dan saran. Kesimpulan berisi pernyataan yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk menjawab permasalahan. Sedangkan saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan selama penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioplastik

Plastik merupakan campuran antara polimer dengan penambahan aditif (Abolibda, 2015). Umumnya masyarakat lebih banyak menggunakan plastik sintetis, tetapi plastik sintetis memiliki kelemahan dimana plastik membutuhkan waktu yang lama untuk terdegradasi di alam sehingga tidak ramah lingkungan. Bioplastik adalah plastik yang layaknya dapat digunakan secara konvensional dan mudah terdegradasi di alam sehingga ramah lingkungan. Beberapa keunggulan dari bioplastik, yaitu (Kamsiati dkk., 2017):

- a. Bahan baku mudah diperoleh.
- b. Bersifat biodegradable.
- c. Tidak mengandung bahan kimia berbahaya.

Bahan polimer alami ketersediaannya melimpah di alam dan berpotensi untuk dijadikan bahan pembuat bioplastik. Bahan baku polimer alami yang dapat digunakan untuk pembuatan bioplastik dapat berasal dari pati, selulosa, lignin, protein, kasein dan lipid (Sutan dkk., 2014).

Menurut Hikmah, 2015 tahapan pembuatan *Bioplastik* adalah sebagai berikut:

- a. Pensuspensian bahan dalam pelarut
Pembuatan larutan film diawali dengan pensuspensian bahan dalam pelarut seperti etanol, air atau bahan pelarut lain.
- b. Penambahan *plastizicer*
Plastizicer ditambahkan untuk memperbaiki sifat mekanik yaitu memberikan fleksibilitas pada sebuah polimer film sehingga tidak mudah putus dan kuat.
- c. Pengaturan suhu
Pengaturan suhu pada pembuatan *film* bioplastik bertujuan membentuk pati tergelatinisasi yang merupakan awal pembentukan *film*. Suhu pemanasan akan menentukan sifat mekanik *film* bioplastik karena suhu ini menentukan tingkat gelatinisasi yang terjadi dan sifat fisik pasta yang terbentuk.

d. Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk menguapkan pelarut sehingga diperoleh film. Suhu mempengaruhi waktu pengeringan dan kenampakan film yang dihasilkan.

Bahan baku bioplastik berbasis pati sering digunakan untuk menggantikan plastik sintetis, pati yang biasa digunakan adalah tapioka. Penelitian yang dilakukan oleh Supeni dkk. (2015) membuat bioplastik dari tapioka termodifikasi dan penambahan kitosan pada edible film karagenan, larutan karagenan-tapioka termodifikasi (100 mL) diaduk dan dipanaskan di *hot plate stirrer* selama 1 jam dengan suhu 65°C, penambahan larutan kitosan 1,5%; 3%; 4,5%; 6% dan 7,5% dilakukan sedikit demi sedikit dan diaduk hingga homogen, larutan dituangkan pada media cetak akrilik (20×20) cm, kemudian didinginkan pada suhu ruang kurang lebih 2×24 jam hingga terbentuk bioplastik. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik dan elongasi dengan UTM. Hasil bioplastik yang didapat adalah semakin besar jumlah kitosan yang ditambahkan menghasilkan elongasi semakin meningkat namun uji kuat tarik menurun.

Polimer alami selulosa dapat ditambahkan pada bioplastik untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono dkk. (2013) yang membuat bioplastik menggunakan nanoserat selulosa dari ampas tapioka sebagai penguat film tapioka. Film dibuat dengan metode *casting*, yaitu pencetakan pada pelat cetakan dan kemudian dikeringkan, nanoserat selulosa yang ditambahkan 0%; 1%; 2% dan 3% dari berat kering tapioka, film dengan pengisi ampas tapioka juga dibuat sebagai pembanding. Bioplastik yang dihasilkan kemudian dilakukan uji kuat tarik. Hasil kuat tarik bioplastik terbaik adalah dengan penambahan nanoserat selulosa dimana semakin banyak penambahan nanoserat selulosa maka kuat tarik semakin meningkat, namun tidak berpengaruh terhadap pemanjangan putus bioplastik.

Kemudian penelitian lain yang dilakukan Zulferiyenni dkk. (2014) pembuatan bioplastik berbahan tapioka dan selulosa ampas rumput laut *Eucheuma cottonii*. Untuk mendapatkan selulosa dilakukan hidrolisis ampas rumput laut dengan H₂O₂ 2%. Gliserol sebagai *plasticizer* dengan konsentrasi 0,25%; 0,5% dan 0,75%, kemudian bioplastik dilakukan uji kuat tarik dan persen pemanjangan. Pada

penelitian ini dihasilkan bioplastik dengan kuat tarik yang tinggi yang sesuai dengan standar untuk plastik LDPE dan konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap persen pemanjangan bioplastik yang dihasilkan.

Kamsiati dkk. (2017) bioplastik dapat digunakan sebagai kantung belanja, kantung buah dan sayur, jas hujan, sarung tangan, apron dan pengemas makanan. Bahan pengemas untuk buah dari bioplastik dapat meningkatkan kesegaran buah dibanding menggunakan kantong PE. Di Indonesia sudah ada industri yang memproduksi bioplastik berbasis tapioka yaitu:

- a. Enviplast yang memproduksi kantung plastik, apron, dan sarung tangan.
- b. Avani Eco memproduksi kantung plastik dan jas hujan.

2.2 Kelapa Sawit

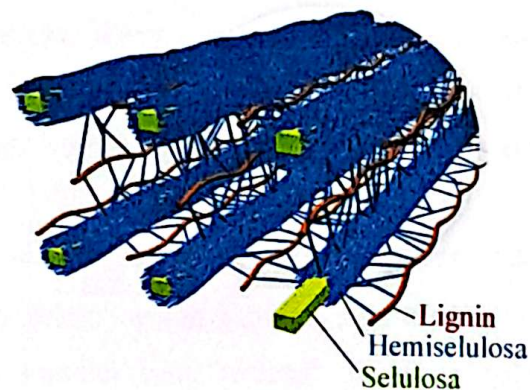
Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jack) merupakan tanaman yang memiliki nilai jual tinggi dimasyarakat. Selain dapat menciptakan kesempatan kerja yang mengarah pada kesejahteraan masyarakat juga sebagai sumber devisa negara (Fauzi, 2003).



Gambar II.1 Kelapa sawit
Sumber: Info Sawit, 2018

Bagian kelapa sawit yang merupakan sumber selulosa terdapat pada batang sawit. Tumbuhan yang banyak mengandung serat dikenal sebagai lignoselulosa. Lignoselulosa yang merupakan sumber utama dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Gambar II.2). Selulosa merupakan unsur penguat dalam dinding sel tanaman, kemudian lignin merupakan senyawa poliaromatik yang berfungsi sebagai perekat, sedangkan hemiselulosa sebagai matriks penyusunnya. Lignoselulosa banyak terdapat pada kayu, sisa peninggalan perkebunan, tumbuhan

berair, rumput dan jenis tumbuhan lainnya (Fatriasari dkk., 2019). Secara ekonomis batang kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi, pulp (bahan baku kertas), bahan kimia dan sebagai sumber energi (Fauzi, 2003).



Gambar II.2 Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin pada Dinding Sel

Sumber: Impola, 2016

Sifat kimia batang kelapa sawit mengandung komponen-komponen seperti holoselulosa, α -selulosa, hemiselulosa, lignin dan abu (Farhana, 2010). Batang sawit memiliki jumlah kandungan selulosa yang cukup tinggi yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pembuatan bioplastik (Khumairoh, 2016). Komposisi yang terkandung dalam batang sawit dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Komposisi yang Terkandung dalam Batang Kelapa Sawit

Komposisi	Kandungan (%)
Abu	1,1
Lignin	18,1
A-selulosa	45,9
Hemiselulosa	25,3
Holoselulosa	76,3

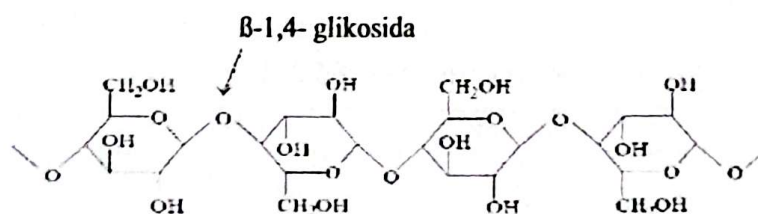
Sumber: Farhana, 2010

2.3 Selulosa

Selulosa adalah komponen utama kayu. Selulosa merupakan biopolimer yang dapat diperoleh dari hasil pertanian. Keunggulan polimer jenis ini adalah ketersediaannya melimpah dialam, tersedia sepanjang tahun (*renewable*) mudah terurai di alam (*biodegradable*) sehingga ramah lingkungan dan bersifat tidak beracun (*non-toxic*) (Fatriasari dkk., 2019). Penambahan bahan selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik seperti kuat tarik yang tinggi, tingkat kemurnian tinggi dan struktur jaringan yang sangat baik (Gea dkk., 2011).

Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air dan ditemukan di dalam dinding sel pelindung tumbuhan, terutama pada tangkai, batang, dahan dan semua bagian berkayu. Selulosa adalah senyawa organik dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n merupakan derajat polimerisasi selulosa. Derajat polimerisasi selulosa rata-rata 300-3000. Selulosa merupakan senyawa polimer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosida (Fatriasari dkk., 2019).

Didalam kayu, selulosa termasuk senyawa polisakarida yang menyusun 40-50% bagian kayu dalam bentuk selulosa mikrofibril, dimana hemiselulosa merupakan senyawa matriks yang terdapat di antara mikrofibril-mikrofibril selulosa. Molekul selulosa merupakan mikrofibril dari glukosa yang terikat satu dengan lainnya membentuk rantai polimer yang sangat panjang dan linier. Rantai polimer berbentuk linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin. Suatu jaringan yang terdiri atas beberapa lapis serat selulosa merupakan unsur penguat utama dalam dinding sel tumbuhan (Fatriasari dkk., 2019). Struktur kimia selulosa dapat pada Gambar II.3.



Gambar II.3 Struktur Kimia Selulosa

Sumber: Zugenmaier, 2008

Selulosa memiliki ikatan rantai linier yang kuat melalui ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler. Ikatan hidrogen antara gugus OH yang berdekatan pada molekul selulosa yang sama disebut ikatan intramolekul, sedangkan ikatan hidrogen antara gugus-gugus OH yang berdekatan dalam molekul selulosa yang berdampingan disebut ikatan intermolekul. Selulosa merupakan polimer dengan unit-unit dan ikatan seragam (Fatriasari dkk., 2019).

Selulosa dapat bereaksi dengan hidrokarbon, alkohol, keton, asam, ester, amida, halogen, hidrazin dan lainnya. Selain itu selulosa juga dapat beraksi dengan basa kuat yaitu LiOH, NaOH, KOH, RbOH dan $Ca(OH)_2$. Perendaman selulosa

dalam larutan alkali pada konsentrasi 1-5% menyebabkan terjadinya perubahan dimensi serat yaitu penurunan panjang serat. Hal ini akibat dari terjadinya degradasi selulosa dan lignin. Pada proses perendaman selulosa dengan NaOH 4% bertujuan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, karena lignin dapat meningkatkan kekakuan sedangkan hemiselulosa dapat meningkatkan kerapuhan suatu bahan. (Fatriasari dkk., 2019 & Pratiwi dkk., 2016).

2.4 Pati Tapioka

Plastik biodegradable berbahan dasar pati merupakan jenis bioplastik yang paling banyak diproduksi. Pati adalah senyawa polisakarida dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati adalah polimer alami yang merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik yang banyak terdapat pada tumbuhan terutama pada biji-bijian, umbi-umbian dll. Bentuk pati berupa granula atau butiran-butiran kecil berwarna putih yang tidak berbau, dimana bentuk dan ukuran granula berbeda-beda tergantung jenis patinya. Pati alami dapat berasal dari ubi kayu (tapioka), sagu, beras, jagung dll (Koswara, 2009; Pudjiastuti & Supeni, 2005). Bioplastik berbasis pati yang paling sering digunakan adalah tapioka. Kandungan pati pada tapioka dapat dilihat pada Tabel II.2.

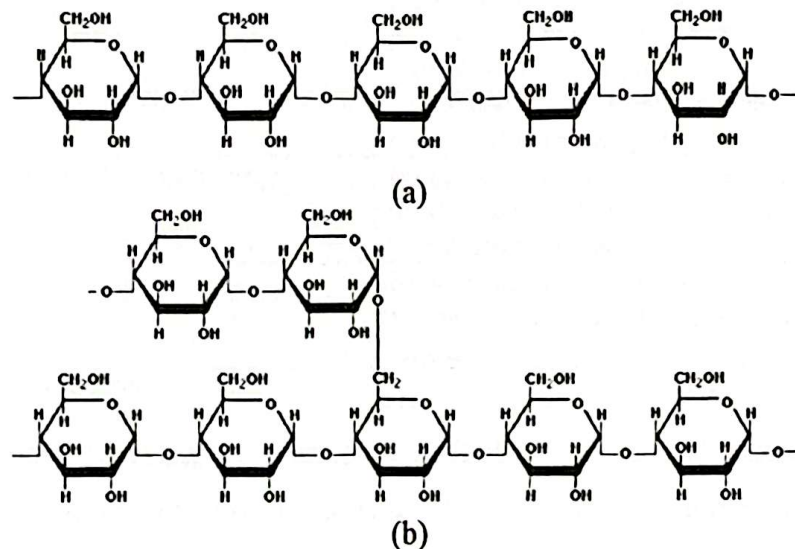
Tabel II.2 Kandungan Tapioka

Komposisi	Kandungan (%)
Kadar air	13,71
Abu	0,18
Protein	6,98
Lemak	1,00
Karbohidrat	78,13
Pati :	65,26
• Amilosa	8,06
• Amilopektin	91,94

Sumber: Imanningsih, 2012

Umumnya pati tersusun atas amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki sifat pera sedangkan amilopektin memiliki sifat lengket (Zulferiyenni dkk., 2014). Dilihat dari strukturnya, amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi sifat mekanik film bioplastik. Rantai polimer amilosa lurus atau liner dengan ikatan α -(1,4)-glukosa, sedangkan amilopektin bercabang dengan ikatan α -(1,4)-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -(1,6). Film dari amilopektin

murni bersifat lebih getas atau rapuh dari amilosa karena rantai polimer berbentuk linier akan lebih sulit putus dibandingkan rantai polimer yang bercabang. Hal ini menyebabkan film amilosa memiliki kuat tarik yang lebih tinggi dari amilopektin (Pudjiastuti & Supeni, 2005). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Struktur Kimia (a) Amilosa dan (b) Amilopektin

Sumber: Zulaidah, 2012

2.4.1 Modifikasi Pati

Pati yang digunakan sebagai bahan baku bioplastik cenderung memiliki viskositas rendah, tidak bening dan membutuhkan waktu yang lama untuk tergelatinasi. Selain penambahan aditif untuk meningkatkan karakteristik bioplastik berbahan pati, modifikasi pati bisa dilakukan untuk memperbaiki sifat pati itu sendiri. Modifikasi pati adalah proses yang dimaksudkan untuk memperbaiki sifat dari pati dimana gugus hidroksilnya telah diubah melalui perlakuan secara kimia maupun fisika sehingga menghasilkan pati dengan sifat yang dikehendaki. Pati yang telah termodifikasi akan mengalami perubahan sifat yang dapat disesuaikan untuk keperluan-keperluan tertentu. Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru dan atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati. Modifikasi pati bisa dilakukan dengan hidrolisis asam, hidrolisis

enzim, ikatan silang (*cross-linking*) dan oksidasi. Beberapa keunggulan modifikasi pati dapat dilihat pada Tabel II.3 (Koswara, 2009):

Tabel II.3 Keunggulan Modifikasi Pati

Modifikasi	Keunggulan
1. Hidrolisis asam	Menghasilkan pati dengan sifat lebih encer jika dilarutkan, lebih mudah larut dan berat molekulnya lebih rendah.
2. Hidrolisis enzim	Biasanya menggunakan enzim alfa-amilase, menghasilkan pati yang kekentalannya lebih stabil pada suhu panas maupun dingin dan sifat pembekuan gel yang baik.
3. Ikatan silang (<i>Cross-linking</i>)	Menghasilkan pati yang kekentalannya tinggi jika dibuat larutan dan lebih tahan terhadap perlakuan mekanis.
4. Oksidasi	Menghasilkan pati dengan sifat lebih jernih, kekuatan regangan dan kekentalannya lebih rendah.

Sumber: Koswara, 2009.

Pada penelitian yang dilakukan Reputra (2009) yang memodifikasi pati tapioka dengan hidrolisis asam. Hasil karakteristik kimia menunjukkan bila dibandingkan dengan tapioka murni, modifikasi tapioka dapat meningkatkan kadar pati dari 92,28% menjadi 93,86%, kemudian amilosa dari 32,22% menjadi 32,69% dan menurunkan kadar air dari 13,03% menjadi 4,95%.

2.5 Zat Aditif

Seperti yang diketahui bahwa plastik adalah kombinasi antara polimer dan aditif. Agar bahan mempunyai sifat-sifat yang dikehendaki, maka dalam proses pembuatan bioplastik selain bahan baku utama diperlukan juga bahan tambahan atau zat aditif (Pulungan dkk., 2018). Zat aditif ditambahkan untuk meningkatkan kemudahan pemrosesan dan memperbaiki sifat-sifat polimer. Zat aditif yang digunakan dalam material polimer antara lain antioksidan, *stabilizers*, *plasticizer*, *filler*, *nucleating agent*, *blowing agent* dan *antistatic agent*.

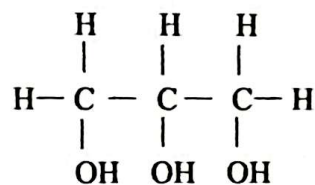
Pada penelitian ini bahan aditif yang digunakan adalah gliserol sebagai *plasticizer* dan asam sitrat sebagai antioksidan. Penelitian yang dilakukan oleh Cahyaningtyas dkk. (2019) yang membuat bioplastik dari pati batang sawit, dengan variasi gliserol 0,3%; 0,6%; 0,9% dan asam sitrat 0,5%; 1%; 2% dari berat kering

pati batang sawit, menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang tinggi pada variasi optimum gliserol:asam sitrat yaitu 0,3%: 1%.

2.5.1 Plasticizer Gliserol

Pada pembuatan bioplastik diperlukan bahan aditif salah satunya yaitu *plasticizer* (pemplastis). *Plasticizer* adalah bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan flexibelitas film sehingga tidak mudah putus dan kuat. Beberapa *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol, sorbitol dan polivinil alkohol (Pulungan dkk., 2018).

Pasticizer yang paling umum digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah gliserol. Gliserol mampu menurunkan gaya intermolekular hidrogen sehingga film menjadi plastis. Gliserol memiliki rumus kimia $C_3H_8O_3$ atau 1,2,3 propanatriol, senyawa yang memiliki tiga buah gugus hidroksil (Arizal dkk., 2017 & Khumairoh, 2016). Struktur kimia gliserol dapat dilihat pada Gambar II.5.



Gambar II.5 Struktur Kimia Gliserol

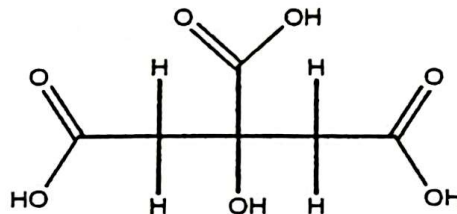
Gliserol memiliki sifat senyawa yang netral, berwujud cair, dengan rasa manis, tidak berwarna, mudah larut dalam air, larutan kental dengan titik lebur 20°C , memiliki titik didih tinggi 290°C , berat molekul 92,09 g/mol dan dapat meningkatkan viskositas larutan (Arizal dkk., 2017 & Khumairoh, 2016).

2.5.2 Antioksidan Asam Sitrat

Beberapa antioksidan yang dapat digunakan untuk bioplastik adalah asam sitrat dan asam askorbat. 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 (Santoso dkk., 2005)

Asam sitrat digunakan sebagai antioksidan karena bahan kimia ini mempunyai sifat sangat mudah larut dalam air, mudah dicerna dan harganya yang relatif murah

serta mudah didapat (Kawijia dkk., 2017). Asam sitrat memiliki rumus kimia $C_6H_8O_7$ atau *2-hydroxy-propane-1,2,3-tricarboxylic acid* adalah senyawa asam organik utama yang ada dalam buah jeruk dan nanas yang memiliki satu gugus hidroksil dan tiga gugus karboksil, struktur kimia asam sitrat dapat dilihat pada Gambar II.6. Gugus karboksilat dari asam sitrat dapat membentuk ikatan yang kuat dengan gugus hidroksil dari pati, sehingga mencegah rekristalisasi (retrogradasi) (Jiugao dkk., 2005). Karena berasal dari bahan alami, asam sitrat tidak beracun sehingga aman digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan bioplastik (Kawijia dkk., 2017).



Gambar II.6 Struktur Kimia Asam Sitrat
Sumber: Yuniarti, 2012

2.6 Karakterisasi Bioplastik

Paramater penting yang berpengaruh pada film bioplastik yaitu sifat mekanis. Sifat mekanis dapat berupa kuat tarik, kekerasan, persen menajangan (elongasi) dan kekakuan. Sedangkan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsional bioplastik perlu dilakukan analisis gugus fungsi.

2.6.1 Pengujian Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM

Pengujian mekanis bioplastik dapat dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Mechine*). Kuat tarik dan persen pemanjangan termasuk parameter penting yang berpengaruh terhadap sifat film bioplastik. Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* putus atau robek. Sifat kekuatan tarik merupakan sifat fisik yang berhubungan dengan kekuatan film untuk menahan kerusakan fisik pada saat pengemasan bahan pangan. Kuat tarik menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung. Persen pemanjangan merupakan bagian dari sifat mekanik yang menunjukkan keuletan suatu bahan yaitu perubahan panjang

maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel film terputus (Stevens, 2001).

Berikut sifat mekanik dari beberapa polimer sintetis ditunjukkan pada Tabel II.4:

Tabel II.4 Sifat Mekanik dari Beberapa Polimer Sintetis

Polimer	Kuat Tarik (N/mm ²)	Persen Pemanjangan (%)
HDPE	20-32	180-1000
LDPE	8-12	600-650
PP	25-30	800-1300
PET	70	3100

Sumber: Abolibda, 2015

Kuat tarik pada bioplastik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = \frac{F_{\max}}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:

τ (N/mm²) = Kuat tarik

F_{\max} (N) = Tegangan maksimum

A (mm²) = Tebal sampel (mm) × lebar sampel (mm)

Persen pemanjangan pada bioplastik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

ε (%) = Persen pemanjangan

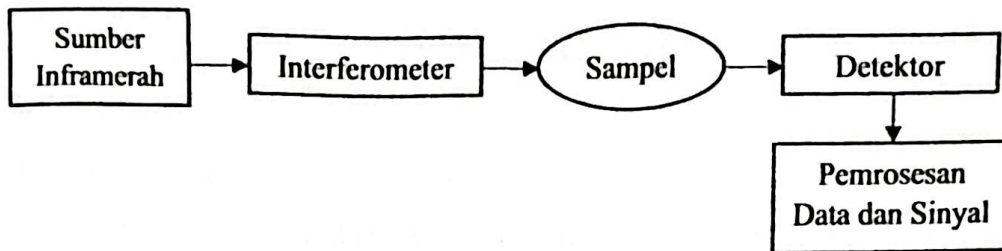
l (mm) = Panjang akhir saat putus

l_0 (mm) = Panjang awal

2.6.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan FT-IR

Pengujian FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik yang dihasilkan. FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) dapat digunakan untuk menganalisis padatan (serbuk), film atau blok, cairan baik murni maupun campuran dan gas. FT-IR merupakan metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya.

Komponen dasar sebuah FT-IR ditunjukkan pada Gambar II.7 yaitu:



Gambar II.7 Skema Komponen Dasar FT-IR

Sumber: Anggarini, 2013

Bagian dari FT-IR adalah interferometer yang berfungsi untuk menguraikan radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum sampai ke detektor, kemudian pemrosesan data dan sinyal dari gugus fungsi akan terbaca pada komputer (Stevens, 2001).

Beberapa daerah serapan gugus fungsi pada kayu dapat dilihat pada Tabel II.5 yaitu:

Tabel II.5 Daerah Serapan Gugus Fungsi pada Kayu

Daerah serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
3400-3450	O-H alkohol
1618-1640	C=C alkena
1504-1515	C=C aromatik
1425-1462	CH ₂ selulosa, lignin
1384-1346	C-H selulosa, hemiselulosa

Sumber: Bodirlau & Teaca 2007

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan sejak November 2018 sampai dengan Juli 2019. Pelatihan pembuatan bioplastik dilakukan di Balai Besar Kimia Kemasan (BBKK), Pekayon, Pasar Rebo. Pembuatan bioplastik dilakukan di Laboratorium Proses Biomaterial, Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jln. Raya Jakarta-Bogor, Km. 46 Cibinong 16911, Bogor-Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Neraca Analitik
- *Beaker glass* 300 mL
- Gelas ukur 50 mL
- Pipet
- Batang Pengaduk
- Termometer
- Pinset
- *Moisture meter*
- Pengaduk mekanik (*overhead stirrer*)
- *Waterbath* merek Memmert
- *Universal Testing Mechine* (UTM) merek Shimadzu, Autograph 50 kN
- *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) merek Perkin Elmer, Spectrum Two
- Aluminium foil
- *Acrylic sheet* (20×20×0,5) cm
- Plastik tahan panas
- Kain saring
- Erlenmeyer 500 mL
- Oven
- Mortar

Gambar alat-alat tersebut diatas dapat dilihat pada Lampiran A.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tepung Batang Sawit (TBS) bagian tengah dari LIPI, Cibinong
- Tapioka termodifikasi dari Balai Besar Kimia Kemasan (BBKK), Pekayon, Pasar Rebo

- Akuades
- Gliserol teknis
- Asam Sitrat dari Merck
- NaOH dari Merck
- Asam Asetat dari Merck
- *Sodium Chlorite* dari Merck

Keterangan: Tepung batang sawit yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari serbuk batang sawit yang ditambahkan air kemudian disaring dan diendapkan sehingga terpisah antara pati dan ampasnya. Ampas inilah yang disebut tepung batang sawit (TBS) (Cahyaningtyas dkk., 2019)

Gambar bahan-bahan tersebut diatas dapat dilihat pada Lampiran A.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian meliputi:

- Perbandingan campuran bahan utama dilarutkan dalam akuades 1:20 (b/v) yaitu jumlah tapioka termodifikasi atau tapioka termodifikasi/TBS atau tapioka termodifikasi/selulosa TBS masing-masing adalah 2,5 gram berat kering dalam satu formulasi dilarutkan dalam aquades 50 mL
- Konsentrasi gliserol: 0,3 % dari 2,5 gram campuran bahan utama
- Konsentrasi asam sitrat: 1% dari berat kering 2,5 gram campuran bahan utama
- Waktu pengadukan: 1 jam
- Kecepatan pengadukan: 440 rpm
- Temperatur pencampuran: 70⁰C
- Waktu mencampurkan gliserol dan asam sitrat: 15 menit

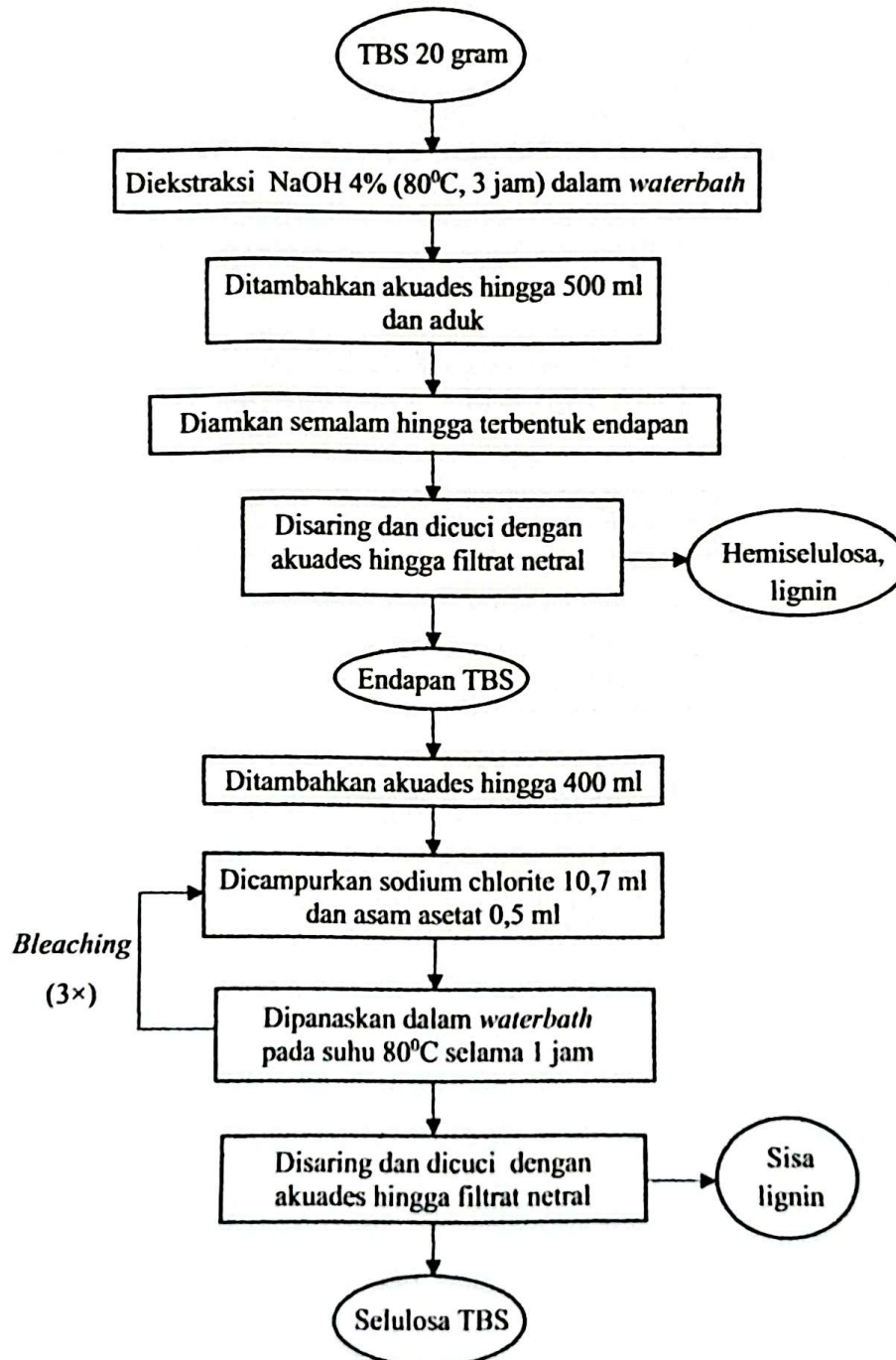
3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah berat TBS atau selulosa TBS dengan variasi masing–masing 0%; 1%; 3% dan 5% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal.

3.4 Bagan Diagram Alir Prosedur Pembuatan Bioplastik

3.4.1 Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit

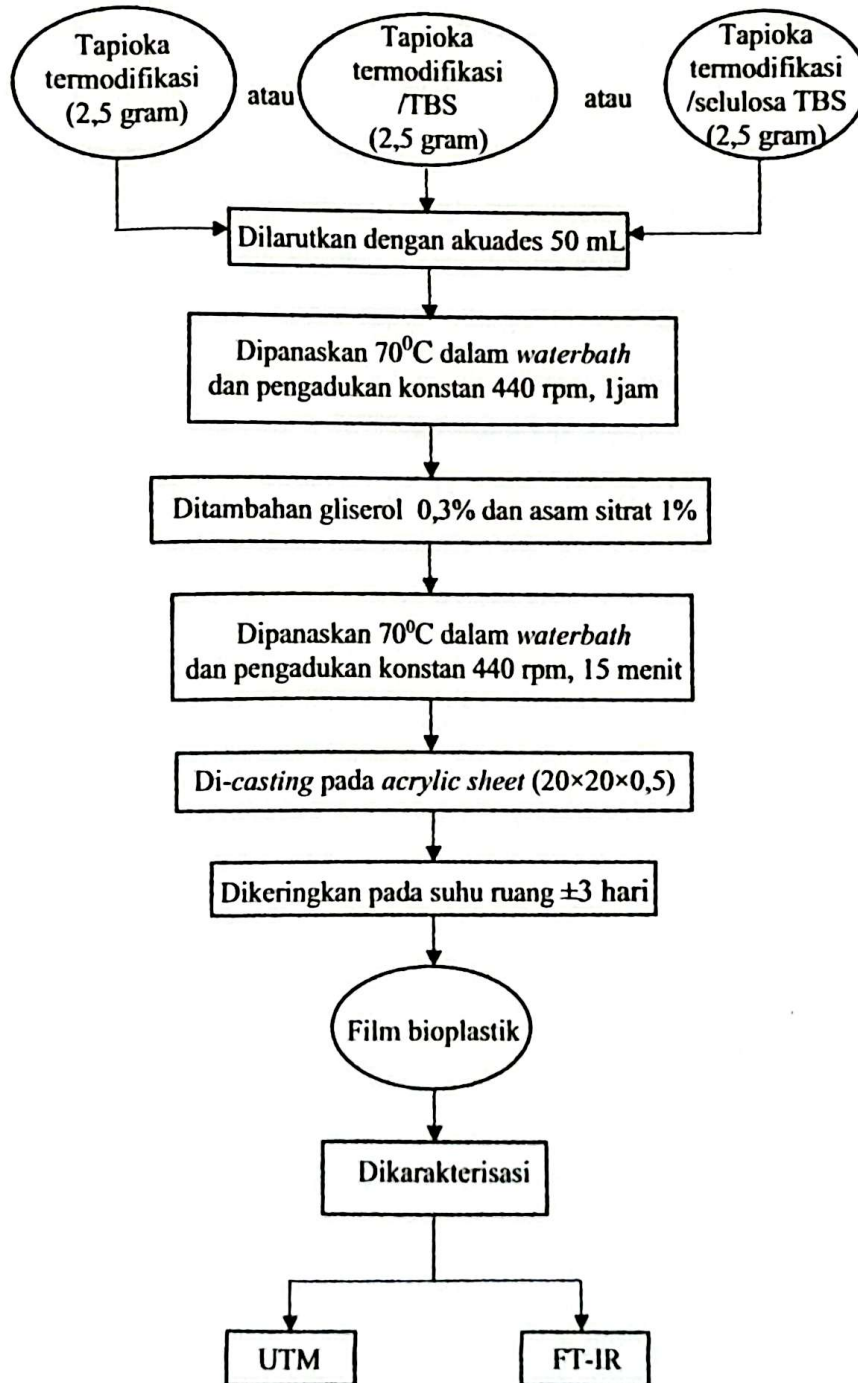
Isolasi selulosa dari tepung batang sawit ditunjukkan pada Gambar III.1:



Gambar III.1 Diagram Alir Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit

3.4.2 Pembuatan dan Pengujian Bioplastik

Pembuatan dan pengujian bioplastik dari tapioka termodifikasi dengan penambahan TBS atau selulosa TBS ditunjukkan pada Gambar III.2:



Gambar III.2 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Bioplastik

3.5 Prosedur Pembuatan Bioplastik

3.5.1 Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit

Isolasi selulosa dari batang kelapa sawit menggunakan metode Chieng dkk. (2017) dengan modifikasi. Sebelum isolasi selulosa, Tepung Batang Sawit (TBS) dikeringkan dalam oven 60⁰C selama 24 jam. Pengeringan ini dilakukan untuk menurunkan kadar air TBS hingga $\pm 10\%$. Selanjutnya ditumbuk menggunakan mortar hingga tepung menjadi halus.

Selanjutnya dilakukan *Alkali treatment*. TBS yang halus ditimbang sebanyak 20 gram kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer. Kemudian diekstraksi dengan larutan NaOH 4% dengan suhu 80⁰C selama 3 jam dalam *waterbath*. Lalu tambahkan akuades hingga 500 ml dan didiamkan semalam hingga terbentuk endapan. Lalu disaring dengan kain saring kemudian dicuci dengan akuades.

Selanjutnya endapan TBS diputihkan (*bleaching*) dengan menambahkan akuades hingga 400 mL, *sodium chlorite* 10,7 mL dan asam asetat 0,5 mL. Proses *bleaching* dilakukan dalam *waterbath* pada suhu 80⁰C selama 1 jam. Setelah 1 jam, ditambahkan lagi *sodium chlorite* 10,7 mL dan asam asetat 0,5 mL kemudian pemanasan dilanjutkan selama 1 jam. Total penambahan *sodium chlorite* dan asam asetat adalah sebanyak 3 kali. Kemudian disaring dan dicuci dengan akuades menggunakan kain saring hingga filtrat netral. Produk yang dihasilkan adalah selulosa TBS.

3.5.2 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dimulai dengan melarutkan tapioka termodifikasi yang ditambahkan selulosa TBS dalam 50 mL akuades pada *beaker glass*. Penambahan selulosa TBS dengan variasi 0%; 1%; 3% dan 5% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal. Larutan dipanaskan dengan *waterbath* pada suhu 70⁰C selama 1 jam. Larutan diaduk dengan kecepatan konstan menggunakan pengaduk mekanik pada kecepatan 440 rpm, hingga berbentuk seperti gel bening. Selanjutnya penambahan gliserol 0,3% dan asam sitrat 1%. Pengadukan dilanjutkan selama ± 15 menit dengan kecepatan dan suhu yang sama.

Larutan dituang kedalam *acrylic sheet* berukuran (20×20×0,5) cm. Selanjutnya diratakan permukaannya menggunakan spatula kaca. Cetakan berisi larutan

ditempatkan pada suhu ruang, yang tidak lembab selama ± 3 hari. Pengkondisian ini dilakukan agar larutan memadat dan membentuk lembaran film. Lembaran film dilepas dari cetakan dengan menggunakan pinset dan siap untuk dikarakterisasi.

Selanjutnya juga dibuat bioplastik tapioka termodifikasi/TBS sebagai pembanding. Penambahan TBS dengan variasi yang sama yaitu 1%; 3% dan 5% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal.

3.6 Karakterisasi Bioplastik

Film bioplastik yang sebagaimana telah dilakukan kemudian dikarakterisasi, sebagai berikut:

3.6.1 Pengujian Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM

Pengujian kuat tarik dan persen pemanjangan dilakukan dengan mengikuti ASTM D 882-75b *Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. Sampel dipotong dengan ukuran (1,5×20) cm dan (1×10) cm. Uji ini diukur dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM) merek Shimadzu, Autograph 50 kN ditunjukkan pada Gambar III.3. Pengujian ini dilakukan masing-masing sebanyak 4 kali dengan *crosshead speed* 10 mm/min.



Gambar III.3 *Universal Testing Machine* (UTM)

3.6.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan FT-IR

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan alat (*Fourier Transform Infrared*) FT-IR merek Perkin Elmer, Spectrum Two ditunjukkan pada Gambar III.4. Film bioplastik yang dihasilkan dipotong kecil (1×1) cm. Kemudian sampel

diletakkan pada wadah sampel untuk diuji. Analisis gugus fungsi dilakukan pada rentang $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$, resolusi 4 cm^{-1} dan scan sebanyak 16 kali.



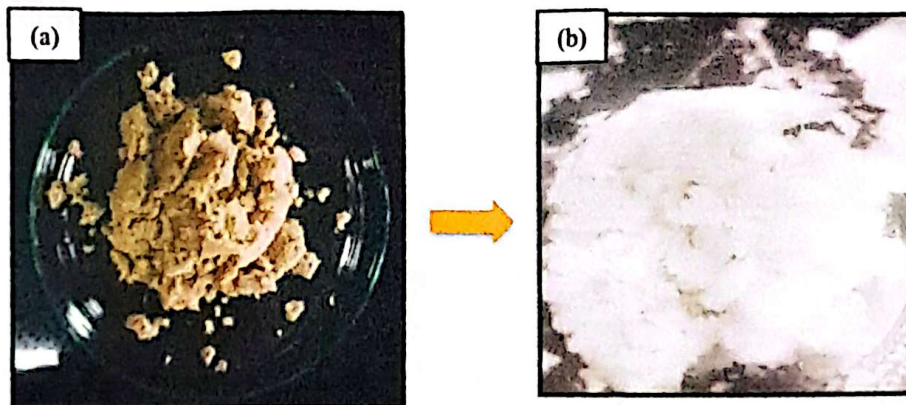
Gambar III.4 *Fourier Transform Infrared (FT-IR)*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi Selulosa dari Tepung Batang Sawit

Isolasi selulosa dari Tepung Batang Sawit (TBS) dilakukan dalam dua tahap yaitu *alkali treatment* dan *bleaching*. Hasil yang didapatkan adalah selulosa TBS berwarna putih. Selulosa yang didapatkan dari 20 gram berat kering tepung batang sawit adalah 9,059 gram atau rendemen sebesar 45,3%. Selulosa yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar IV.1 (a) Tepung Batang Sawit dan
(b) Selulosa Tepung Batang Sawit

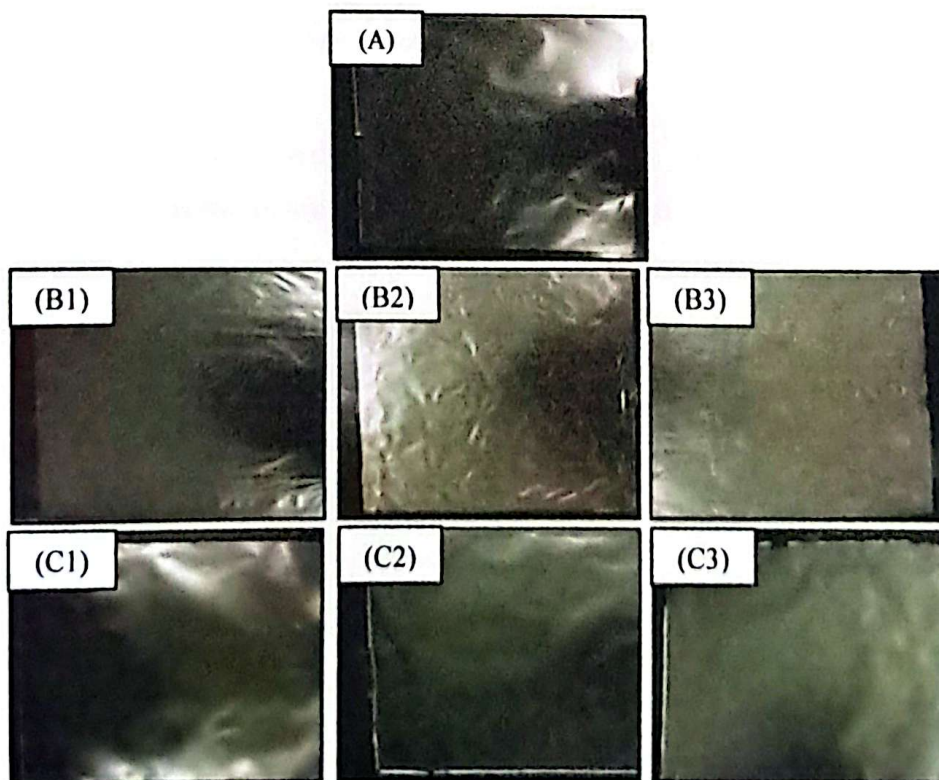
Alkali treatment dilakukan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa yang terkandung dalam batang kelapa sawit. Kemudian proses *bleaching* menyebabkan serat mengalami perubahan warna menjadi putih, dengan mekanisme memutus komponen fenolik atau molekul dari grup chromopholik yang terdapat pada lignin dan menghilangkan *by-products* (Chieng dkk., 2017).

4.2 Hasil Pembuatan Bioplastik

Bioplastik yang dihasilkan berupa film bioplastik yang berukuran 20×20 cm. Sampel A adalah bioplastik tapioka termodifikasi, B (tapioka termodifikasi/TBS 1%; 3%; 5%) dan C (tapioka termodifikasi/selulosa TBS 1%; 3%; 5%). Formulasi dan kode sampel contoh uji dapat dilihat pada Tabel IV.2. Bioplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar IV.2.

Tabel IV.1 Formulasi dan Kode Sampel Pembuatan Bioplastik

Kode Sampel	Keterangan	Tapioka Termodifikasi (gram)	TBS (gram)	Selulosa TBS (gram)	Gliserol 0,3% (gram)	Asam Sitrat 1% (gram)
A	Tapioka Termodifikasi	2,500	-	-	0,008	0,025
B1	Tapioka Termodifikasi+TBS 1%	2,475	0,025	-	0,008	0,025
B2	Tapioka Termodifikasi+TBS 3%	2,425	0,075	-	0,008	0,025
B3	Tapioka Termodifikasi+TBS 5%	2,375	0,125	-	0,008	0,025
C1	Tapioka Termodifikasi+Selulosa TBS 1%	2,475	-	0,025	0,008	0,025
C2	Tapioka Termodifikasi+Selulosa TBS 3%	2,425	-	0,075	0,008	0,025
C3	Tapioka Termodifikasi+Selulosa TBS 5%	2,375	-	0,125	0,008	0,025

**Gambar IV.2** Hasil Film Bioplastik

(A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan
(C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%)

Berdasarkan hasil pengamatan secara langsung (visual) yang ditunjukkan pada Gambar IV.2, ke enam sampel sedikit memberi efek lentur karena adanya penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Pada gambar terlihat bahwa bioplastik A memiliki permukaan yang halus dan bening dibandingkan yang lain. Dilihat dari tekstur permukaan, bioplastik B memiliki permukaan yang buram dan kasar seiring dengan bertambahnya TBS. Sedangkan bioplastik C permukaan yang lebih buram dan lebih halus dari B namun lebih kasar dari A.

Permukaan yang kasar bisa disebabkan karena serat TBS ataupun selulosa TBS memiliki sifat yang hidrofobik sehingga tidak larut dalam matriks tapioka termodifikasi (Zulferiyenni, 2014). Warna tampak kecoklatan dihasilkan pada bioplastik B, karena warna dari tepung batang sawit tersebut yang masih mengandung lignin serta senyawa lainnya. Sedangkan pada bioplastik C, memiliki warna yang putih dikarenakan selulosa TBS telah di *bleaching* yang membuat selulosa berwarna putih.

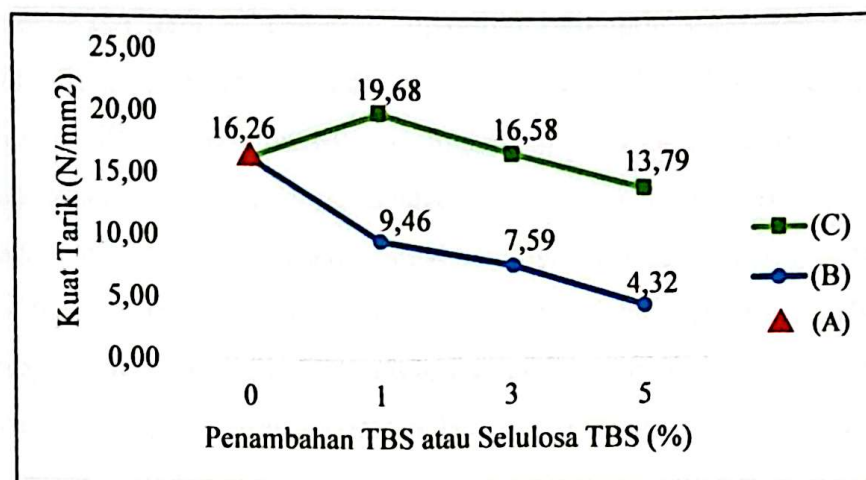
4.3 Karakterisasi Bioplastik

4.3.1 Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi) dengan UTM

Kuat tarik dan persen pemanjangan merupakan parameter penting dalam pengujian bioplastik untuk melindungi produk yang dikemasnya. Selulosa TBS yang dihasilkan dari tepung batang sawit diaplikasikan sebagai bahan tambahan bioplastik tapioka termodifikasi dengan tujuan memperbaiki sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan. Hasil uji kuat tarik dan persen pemanjangan bioplastik dapat dilihat pada Tabel IV.2 sebagai berikut:

Tabel IV.2 Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%)

Kode Sampel	Kuat Tarik (N/mm ²)	Persen Pemanjangan (%)
A	16,26	1,87
B1	9,46	1,32
B2	7,59	1,53
B3	4,32	0,95
C1	19,68	1,77
C2	16,58	2,52
C3	13,79	1,87



Gambar IV.3 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik
(A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan
(C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%)

Berdasarkan data yang diperoleh yang ditunjukkan pada Gambar IV.3 film bioplastik B semakin meningkat kadar TBS yang ditambahkan cenderung mengalami penurunan kuat tarik, sama halnya dengan film bioplastik C yaitu dengan penambahan selulosa TBS. Penambahan selulosa TBS menunjukkan nilai kuat tarik terbaik yaitu pada C1 adalah $19,68 \text{ N/mm}^2$, sedangkan nilai kuat tarik terendah pada C3 adalah $13,79 \text{ N/mm}^2$.

Bioplastik A yaitu tapioka termodifikasi menunjukkan kuat tarik yang cukup tinggi yaitu $16,26 \text{ N/mm}^2$. Tapioka termodifikasi tersusun atas amilosa dan amilopektin. Kadar amilosa yang tinggi pada tapioka termodifikasi menyebabkan tingginya sifat mekanis (Pudjiastuti & Supeni, 2005). Ketika ditambahkan (C1) selulosa TBS 1% bioplastik mengalami peningkatan kuat tarik menjadi $19,68 \text{ N/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik tapioka termodifikasi dengan penambahan selulosa TBS menghasilkan nilai kuat tarik yang tinggi. Semakin banyak polisakarida penyusunnya maka akan meningkatkan kekuatan bioplastik (Kusumawati dkk., 2013). Akan tetapi dengan bertambahnya kadar selulosa TBS, hasil uji kuat tarik cenderung menurun. Jumlah penambahan selulosa TBS yang banyak menyebabkan bioplastik tidak homogen, sehingga ikatan antar komponen penyusun antara tapioka termodifikasi, selulosa TBS dan juga penambahan aditif tidak kuat, karena sangat berpengaruh terhadap kuat tarik bioplastik (Sulityo & Ismiyati, 2012).

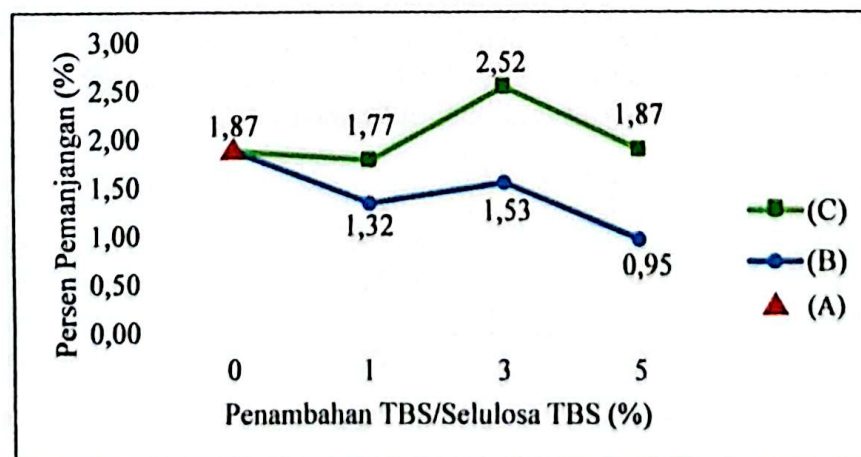
Berdasarkan data, bioplastik C memiliki kuat tarik yang tinggi dibanding bioplastik B, ini disebabkan karena ukuran serat selulosa TBS jauh lebih kecil dibanding TBS sehingga dapat meningkatkan luas total permukaannya dan memungkinkan selulosa TBS dapat memperbesar kontak pada matriks film dari tapioka termodifikasi sehingga membuat selulosa terdispersi secara merata dalam matriks tapioka termodifikasi dan menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi dibanding tanpa penambahan TBS (Wicaksono dkk., 2013). Ukuran serat selulosa yang kecil juga disebabkan karena pada *alkali treatment* dengan NaOH 1-5% menyebabkan terjadinya perubahan dimensi serat yaitu penurunan panjang serat. Hal ini akibat dari terjadinya degradasi selulosa dan lignin (Fatriasari dkk., 2019).

Perbandingan hasil penelitian dengan polimer sintesis jenis LDPE dan hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel IV.3. Kuat tarik yang dihasilkan bioplastik dengan penambahan selulosa TBS adalah 13,79-19,68 N/mm² (Gambar IV.3), hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik bioplastik tersebut lebih besar dari kuat tarik plastik jenis LDPE yaitu antara 8-12 N/mm².

Tabel IV.3 Perbandingan Hasil Penelitian Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan Bioplastik dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Parameter	Plastik ⁽¹⁾ LDPE	Bioplastik ⁽²⁾ Nanoserat Selulosa Ampas Tapioka	Bioplastik Selulosa TBS
Kuat tarik (N/mm ²)	8-12	11,93-22,41	13,79-19,68
Persen pemanjangan (%)	600-650	1,63-2,57	1,61-2,52

sumber : (1) Abolibda, 2015 dan (2) Wicaksono dkk., 2013



Gambar IV.4 Hasil Uji Persen Pemanjangan Bioplastik (A) Tapioka Termodifikasi; (B) Tapioka Termodifikasi/TBS (1%; 3%; 5%) dan (C) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS (1%; 3%; 5%)

Hasil persen pemanjangan dapat dilihat pada Gambar IV.4. Berdasarkan data yang diperoleh, persen pemanjangan film bioplastik (C) tapioka termodifikasi/selulosa TBS (1%; 3% dan 5%) adalah 1,61-2,52%. Bioplastik yang dihasilkan lebih kecil dari nilai persen pemanjangan plastik jenis LDPE yaitu 600-650% (Tabel IV.3). Persen pemanjangan bioplastik dari tapioka termodifikasi selulosa TBS tidak berpengaruh besar. Berdasarkan data, hal ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa TBS tidak dapat meningkatkan persen pemanjangan pada bioplastik. Pernyataan ini sesuai dengan Sulityo & Ismiyati (2012) dimana kandungan selulosa tidak meningkatkan persen pemanjangan bioplastik. Banyaknya tapioka termodifikasi dibanding selulosa TBS juga dapat mempengaruhi nilai persen pemanjangan yang menyebabkan bioplastik yang dihasilkan semakin getas sehingga nilai persen pemanjangan menjadi rendah.

4.3.2 Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR

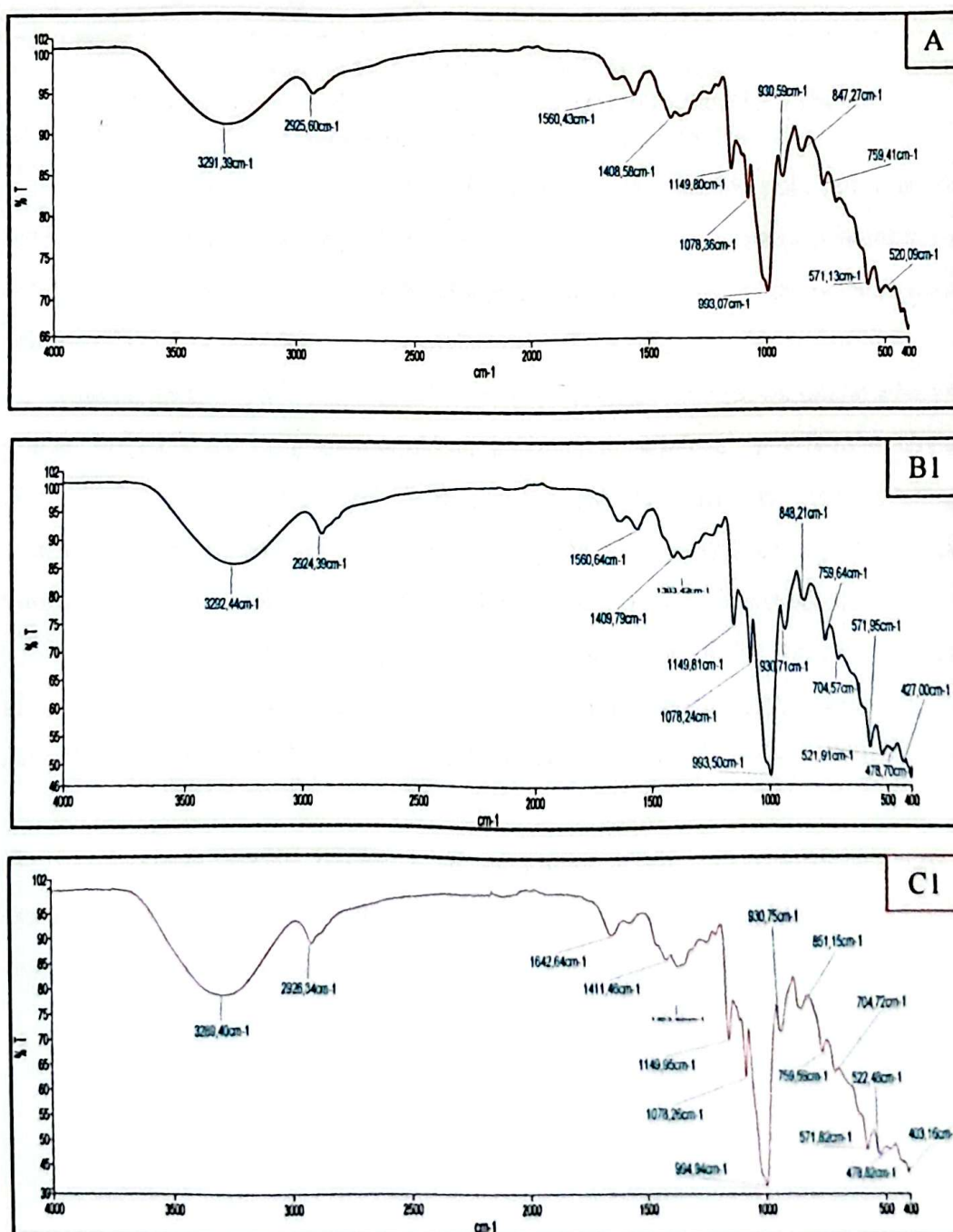
Spektrum FT-IR diukur menggunakan Spectrofotometer Infrared Perkin Elmer Spectrum Two. Bahan yang dianalisis adalah film bioplastik (A) tapioka termodifikasi, (B1) tapioka termodifikasi/TBS 1% dan (C1) tapioka termodifikasi/selulosa TBS 1%, karena pada penambahan variasi 1% diperoleh nilai kuat tarik yang terbaik dari hasil uji yang telah dilakukan. Analisis gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsional pada ketiga bioplastik yang dihasilkan. Spektrum FT-IR terletak pada kisaran gelombang 400-4000 cm^{-1} . Hasil analisis gugus fungsi bisa dilihat pada gambar Tabel IV.4.

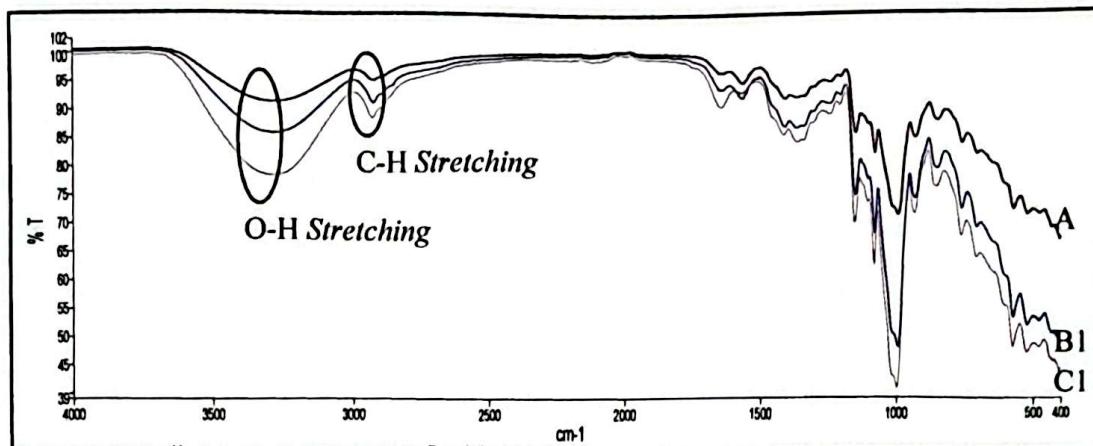
Tabel IV.4 Hasil Analisis Gugus Fungsi Bioplastik
(A) Tapioka Termodifikasi; (B1) Tapioka Termodifikasi/TBS 1% dan
(C1) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS 1%

Gugus Fungsi & Jenis Ikatan	Daerah Serapan cm^{-1}		
	A	B1	C1
O-H <i>Stretching</i>	3291,39	3292,44	3289,40
C-H <i>Stretching</i>	2925,60	2924,39	2926,02
C-H <i>Bending</i>	-	1363,42	1363,42
C-O <i>Stretching</i>	1078,36	1078,24	1078,26

Daerah serapan pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} menandakan adanya O-H gugus fungsi hidroksil alkohol pada panjang gelombang 2850-2970 cm^{-1} menandakan adanya gugus fungsi C-H alkana (Sutan dkk., 2014). Hasil analisis

menunjukkan bahwa spektrum bioplastik A, B1 dan C1 memiliki gugus fungsi O-H *stretching* berturut-turut muncul pada bilangan gelombang 3291,39 cm^{-1} dan 3292,44 cm^{-1} sedangkan C-H *stretching* muncul pada bilangan gelombang 2925,60 cm^{-1} dan 2924,39 cm^{-1} , puncak lebih tajam ditunjukkan pada bioplastik dengan penambahan selulosa TBS 1% bioplastik C1 memiliki gugus fungsi O-H *stretching* dan C-H *stretching* pada bilangan gelombang 3289,40 cm^{-1} dan 2926,02 cm^{-1} , disajikan pada Gambar IV.5.





Gambar IV.5 Spektrum FT-IR Bioplastik
 (A) Tapioka Termodifikasi; (B1) Tapioka Termodifikasi/TBS 1% dan
 (C1) Tapioka Termodifikasi/Selulosa TBS 1%

Pada Gambar IV.5, spektrum A; B1 dan C1 menunjukkan pola sama hanya serapannya saja yang berbeda. Puncak-puncak penambahan C yaitu penambahan selulosa TBS 1% lebih tajam dibandingkan pada bioplastik tanpa penambahan selulosa TBS 1%.

Daerah serapan pada panjang gelombang $1346-1384\text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus fungsi C-H yang menunjukkan keberadaan selulosa atau hemiselulosa (Bodirlau & Teaca, 2009). Hal ini dibuktikan pada bioplastik B1 dan C1 yang memiliki gugus fungsi C-H *stretching* berada pada bilangan gelombang yang sama yaitu $1363,42$ dan tidak ditemukan pada bioplastik (A) tapioka termodifikasi.

Gugus fungsi C-O berada pada bilangan gelombang $1050-1300\text{ cm}^{-1}$ (Sutan dkk., 2014). Pada kode bioplastik A; B1 dan C1 ditemukan gugus fungsi C-O *stretching* berada pada bilangan gelombang berturut-turut $1078-36$; $1078,24$ dan $1078,26\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan uraian diatas, hasil pengujian FT-IR menunjukkan bahwa penambahan TBS ataupun penambahan selulosa TBS pada bioplastik tidak memunculkan gugus fungsi baru.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini kesimpulan yang didapatkan adalah:

1. Penambahan selulosa TBS pada bioplastik dari tapioka termodifikasi lebih mempengaruhi sifat mekanis daripada penambahan TBS. Nilai kuat tarik bioplastik tertinggi adalah $19,68 \text{ N/mm}^2$ pada penambahan selulosa TBS 1%, namun penambahan selulosa TBS tidak dapat meningkatkan persen pemanjangan bioplastik.
2. Hasil pengujian FT-IR menunjukkan bahwa penambahan TBS ataupun selulosa TBS pada bioplastik tidak memunculkan gugus fungsi baru.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisis data hasil penelitian didapatkan saran sebagai berikut:

1. Karena film bioplastik kurang ulet, sehingga perlu penambahan *plasticizer* gliserol lebih dari 0,3%.
2. Perlu dilakukan penambahan selulosa TBS kurang dari 1 % untuk mencapai titik maksimum kuat tarik bioplastik.
3. Dalam proses pengeringan bioplastik, pastikan kondisi ruangan bersih dan tidak lembab agar bioplastik yang dihasilkan tidak berjamur karena akan mempengaruhi nilai kuat tarik.
4. Perlu dilakukan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui distribusi serat dari selulosa TBS pada bioplastik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abolibda, T. Z., "Physical and Chemical Investigations of Starch Based Bio-Plastics", University of Leicester, 2015.

Arizal, V., Darni, Y., Azwar, E., Lismeri, L., & Utami, H., "Aplikasi Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* pada Sintesis Bioplastik Berbasis Sorgum dengan Plasticizer Gliserol", Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung, p. 32-39, 2017.

Anggarini, F., "Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka", Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013.

Bodirlau, R., & Teaca, C.A., "Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Thermal Analysis of Lignocellulose Fillers Treated with Organic Anhydrides", Rom. Journ. Pyhs, Vol.54, No. 1-2, p. 93-104, 2009.

Cahyaningtyas, A.A., Ermawati, R., Supeni G., Syamani, F.A., Masruchin, N., Kusumaningrum, W.B., Pramasari, D.A., Darmawan T., Ismadi, Tribowo, D., & Kusumah, S.S., "Investigasi Karakteristik Pati Batang Kelapa Sawit Termodifikasi sebagai Bahan Baku Bioplastik", Jurnal Kimia dan Kemasan, Vol. 41, No. 1, p. 37-44, 2019.

Chieng, B.W., Syn H.L, Nor A.I, Yoon Y.T., & Yuet YL., "Isolation and Characterization of Cellulose Nanocrystals from Oil Palm Mesocarp Fiber", Polymers, 9 (355): 1-11, 2017.

Direktorat Jendral Perkebunan, "Buku Statistik Perkebunan Indonesia-Kelapa Sawit (Palm Oil)", Jakarta, 2017.

Farhana, N., "Study On Bioethanol Production From Oil Palm Trunk (OPT) Sap by Using *Saccharomyces cerevisiae* Kyokai No.7 (ATCC 26422)", University Malaysia Pahang, Malaysia, 2010.

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

Fauzi, I.Y., "Kelapa Sawit", Penebar Swadaya, Jakarta, 2003.

Garcia, P. S., Groosman, M. V. E., Yamashita, F., Mali, S., Antonia, L. H. D., & Barreto, J. B., "Citric Acid as Multifunctional Agent Blowing Films of Starch/PBAT", Quimica Nova, Vol.34, No.9, p. 1507-1510, 2011.

- Gea, .S, Reynolds, C.T, Roohpour, N., Wirjosentono, B., Soykeabkaew, N., Bilotti, E., & Peijs, T., "Investigation into the Structural, Morphological, Mechanical and Thermal Behaviour of Bacterial Cellulose after a Two-Step Purification Process", *Bioresource Technology*, 102: 9105-9110, 2011.
- Hikmah, N., "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa paradisiacal*) dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Gliserin", Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2015.
- Imanningsih, N., "Profil Gelatinasi Beberapa Formulasi Tepung-Tepungan untuk Pendugaan Sifat Pemasakan", *Penel. Gizi Makan*, Vol.35, No.1, p.13-22, 2012.
- Impola, A., "Base-catalyzed Reformation of Kraft Lignin for Carbon Fiber Precursors", Freiburg, Germany, 2016.
- Info Sawit, "Mengenal Jenis Lahan yang Tepat untuk Perkebunan Kelapa Sawit", <http://www.infosawit.com>, diakses tanggal 4 Januari 2019.
- Jiugao, Y., Ning, W., & Xiaofei, M., "The Effects of Citric Acid on the Properties of Thermoplastic Starch Plasticized by Glycerol". *Starch*, p. 494-504, 2005.
- Jufriah, Wagiman S, M. "Sifat Fisika dan Mekanika Papan Partikel dari Batang Sawit (*Elaeis Gueneensis* Jacq) dengan Variasi Temperatur Kempa Panas". *Jurnal Rimba*, p. 106-114, 2007.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E.Y., "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi Kayu di Indonesia", *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol. 36, No. 2, p. 67-76, 2017.
- Kawijia, Atmaka, W., & Lestariana, S., "Studi Karakteristik Pati Singkong Utuh Berbasis Edible Film dengan Modifikasi Cross-Linking Asam Sitrat", *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 18, No. 2, 2017.
- Khumairoh, U.M., "Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Konsentrasi CMC Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*", Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 2016.
- Koswara, S., "Teknologi Modifikasi Pati", Ebook Pangan, 2009.
- Kusumawati, D.H., & Putri, W.D.R., "Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagug yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, Vol.1, No.1, p. 90-100, 2013.
- Pulungan, M.H., Dewi, I.A., Rahmah, N.L., Perdani, C.G., Wardina., K., & Pujiana, D., "Teknologi Pengemasan dan Penyimpanan", Penerbit UB. Press, p. 105, 2018.

- Pudjiastuti, W., & Supeni, G., "Plastik Layak Santap (Edible Plastic) dari Tapioka Termodifikasi", Balai Besar Kimia dan Kemasan, 2005.
- Pratiwi, R., Rahayu., D., Barliana, M.I., "Pemanfaatan selulosa dari Lmbah Jerami (*Oryza sativa*) Bahan Bioplastik" Jurnal Ilmu dan Teknologi Farmasi Indonesia, Vol. 3, No. 3, p. 83-91, 2016.
- Reputra, J., "Karakterisasi Tapioka dan Penentuan Formulasi Premix Sebagai Bahan Penyalut Untuk Produk Freed Snack", Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2009.
- Santoso, B., Priyanto, G., & Purnomo, R.H., " Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Berantioksidan dan Aplikasinya Sebagai Pengemas Primer Lempok Durian", Terakreditasi Dikti, No.55, 2005.
- Sutan, S.M., Maharani, D.M., & Febriari, F., "Studi Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Pati-Selulosa Kulir Siwalan (*Borassus Flabellifer*)", Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol.6, No. 2, p. 127-171, 2014.
- Supeni, G., Cahyanigtyas, A.A., dan Fitriana, A., "Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Penambahan Kitosan pada Edible Film Karagenan dan Tapioka Termodifikasi", Jurnal Kimia dan Kemasan, Vol. 37, No.2, p. 103-110, 2015.
- Stevens, M.P., "Kimia Polimer". Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2001.
- Sulityo, H. W. & Ismiyati, "Pengaruh Formulasi Pati Singkong–Selulosa Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Pada Pembuatan Bioplastik", KONVERSI, Vol. 1, No.2, p. 23-30, 2012.
- Wicaksono, R., Syamsu, K., Yuiasih, J., & Nasir, M., "Karakteristik Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Apikasinya sebagai Penguat Film Tapioka", Jurnal Teknik Industri Pertanian, p. 38-45, 2013.
- Wardani, L., Massijaya, M.Y., dan Machdie M.F., "Pemanfaatan Limbah Batang Kelapa Sawit dan Plastik Daur Ulang sebagai Bahan Baku Papan Plastik Komposit", Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis", p. 51-59, 2012.
- Yuniarti, S.A.I, "Sintetis dan Sifat Kimia Fisika Kopolimer Tepung Mocal (Modified Cassava Flour) dan Asam Sitrat", Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, 2012.
- Zugenmaier, P., "Crystalline Cellulose and Derivatives", Spring-Verlag, Jerman, p. 7-8, 2008.

Zulferiyenni, Marniza, & Sari, E.N., “ Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Tapioka Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma Cattonii*”, *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, Vol. 19, No.3, p. 257-273, 2014.

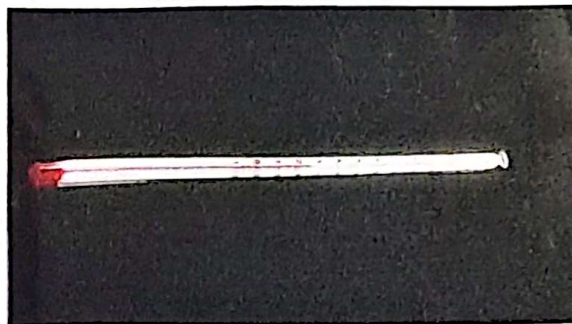
Zulaidah, A., “Peningkatan Nilai Guna Pati Alami melalui Proses Modifikasi Pati”, *Jurnal Dinamika Sains*, Vol.10, No. 22, p. 1-33, 2012.

Lampiran A

ALAT



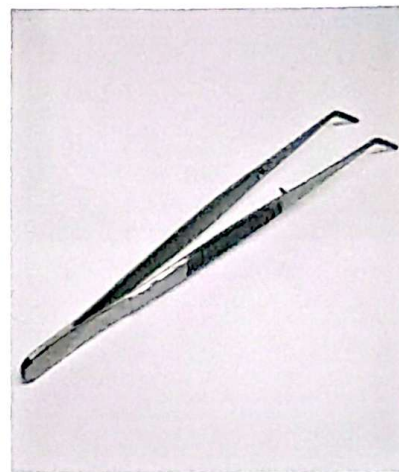
Neraca Analitik



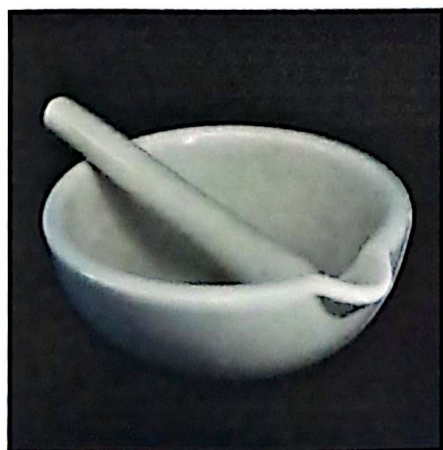
Termometer



Pengaduk Mekanik (*Overhead Stirrer*)



Pinset



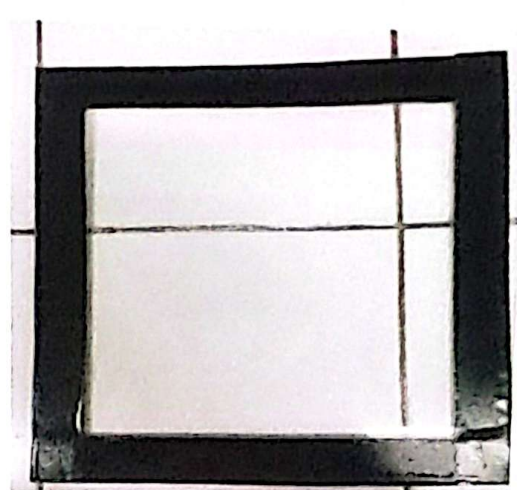
Mortar



Oven



Waterbath merek Memmert



Acrylic Sheet (20×20×0,5) cm



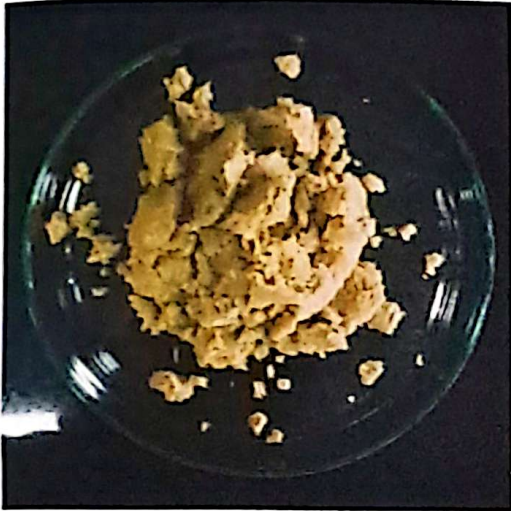
Plastik Tahan Panas



Moisture Meter

Lampiran B

BAHAN



Tepung Batang Sawit: bagian Tengah



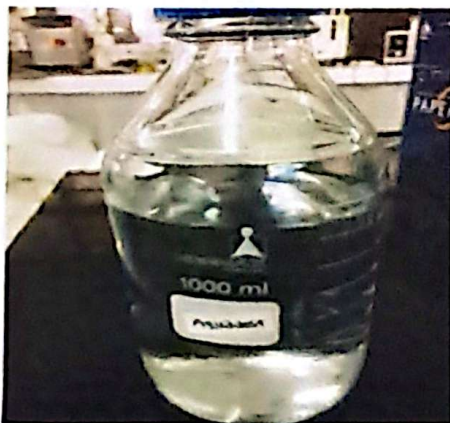
Tapioka Termodifikasi



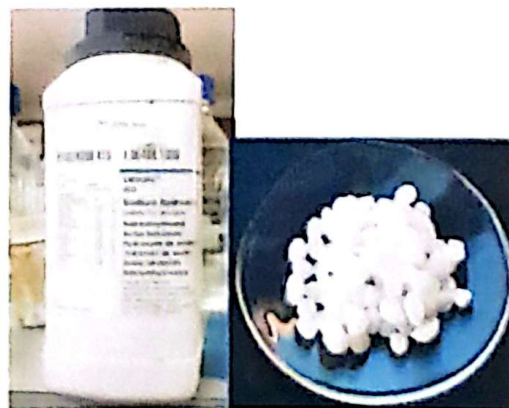
Gliserol



Asam Sitrat



Akuades



NaOH

Lampiran C

Gambar Proses Penelitian :

a. Isolasi Selulosa dari batang sawit

Proses *Alkali Treatment*, 80°C, 3 jam

Proses Pengendapan

Setelah *Bleaching* pertamaSetelah *Bleaching* keduaSetelah *Bleaching* ketiga

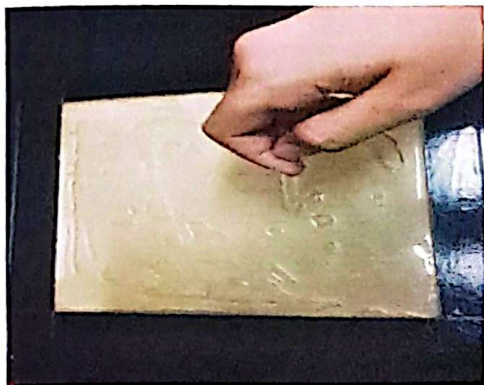
b. Pembuatan Bioplastik



Proses Pencampuran dan Pengadukan Bahan dengan *Waterbath*



Penuangan Bahan ke *Acrylic Sheet* (20×20×0,5) cm



Casting



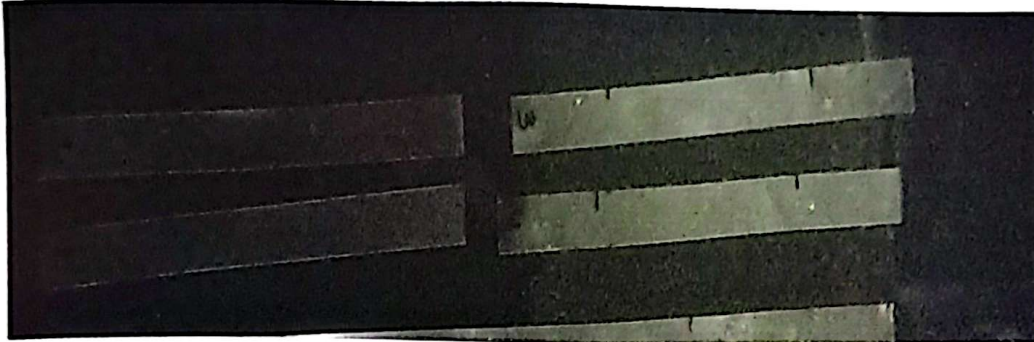
Pengeringan Bioplastik



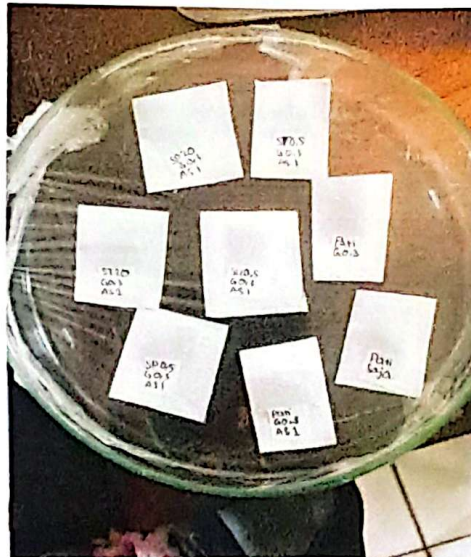
Pelepasan Bioplastik

Lampiran D

SAMPEL



Sampel Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (1×10) cm



Sampel Analisis Gugus Fungsi (1×1) cm

Lampiran E

Perhitungan data:

Perhitungan bahan baku pembuatan bioplastik:

- Perbandingan campuran bahan utama dilarutkan dalam aquadest adalah 1:20 → 2,5 gram : 50 mL

- Gliserol 0,3 % dari 2,5 gram campuran bahan utama:

$$\frac{0,3}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,008 \text{ gram}$$

- Asam sitrat 1% dari 2,5 gram campuran bahan utama:

$$\frac{1}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,025 \text{ gram}$$

- Penambahan tepung batang sawit (TBS) pada pembuatan bioplastik tapioka termodifikasi/TBS yaitu variasi 1%; 5%; dan 3% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal:

$$\text{TBS 1\%} \rightarrow \frac{1}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,025 \text{ gram}$$

$$\text{TBS 3\%} \rightarrow \frac{3}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,075 \text{ gram}$$

$$\text{TBS 5\%} \rightarrow \frac{1}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,125 \text{ gram}$$

- Penambahan selulosa TBS pada pembuatan bioplastik tapioka termodifikasi/selulosa TBS yaitu variasi 1%; 5%; dan 3% dari 2,5 gram berat kering tapioka termodifikasi awal:

$$\text{TBS 1\%} \rightarrow \frac{1}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,025 \text{ gram}$$

$$\text{TBS 3\%} \rightarrow \frac{3}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,075 \text{ gram}$$

$$\text{TBS 5\%} \rightarrow \frac{1}{100} \times 2,5 \text{ gram} = 0,125 \text{ gram}$$