



universitas  
MALIKUSSALEH

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN  
DASAR SELULOSA DARI TANDAN KOSONG KELAPA  
SAWIT (TKKS) DENGAN PENAMBAHAN PATI SAGU**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
pada Program Studi Teknik Material Universitas Malikussaleh

Oleh,

**CUT TRISNA FARIDA**

**190190017**

**PROGAM STUDI TEKNIK MATERIAL  
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
LHOKSEUMAWE  
2024**

## **SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Cut Trisna Farida

Nim : 190190017

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari Tugas Akhir, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karta atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.

Apabila ternyata terdapat dalam Tugas Akhir saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Lhokseumawe, 23 Januari 2024

Saya yang membuat pernyataan

Meterai Rp.6000

Cut Trisna Farida

NIM. 190190017

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar  
Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)  
dengan Penambahan Pati Sagu.  
Nama Mahasiswa : Cut Trisna Farida  
NIM : 190190017  
Program Studi : S1 Teknik Material  
Jurusan : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh  
Pembimbing Utama : Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc. I.P.M.  
Pembimbing Pendamping : Ahmad Fikri, S.Pd., M.T.  
Ketua Penguji : Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.  
Anggota Penguji : Nurul Islami, S.T., M.Sc.

Lhokseumawe, 23 Januari 2024  
Penulis,

**Cut Trisna Farida**  
NIM 190190017

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

**Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T, M.Sc. I.P.M.**  
NIP. 197603252003122003

**Ahmad Fikri, S.Pd., M.T.**  
NIP. 199107052022031008

Mengetahui:

Ketua Jurusan,

Koordinator Program Studi,

**Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197005082005011001

**Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.**  
NIP. 197512312006041002

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam kita ucapkan keharibaan Nabi Muhammad SAW serta kepada sahabat dan keluarga beliau. Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan Kesehatan, kesempatan, dan kekuatan sehingga penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, S.T., M.T.,I.P.M Asean Eng. Selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Lukman Hakim, S.T.,M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Dr. Zulnazri, S.Si.,M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Material Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
5. Ibu Dr. Ir. Rozanna Dewi, S.T., M.Sc. IPM. Selaku Dosen Pembimbing Utama dalam penelitian ini.
6. Bapak Ahmad Fikri, S.Pd., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Pendamping pada penelitian ini.
7. Staf pengajar dan administrasi Prodi Teknik Material Universitas Malikussaleh.
8. Seluruh rekan-rekan yang telah membantu penulis hingga saat ini.
9. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Lhokseumawe, 23 Januari 2024

**Cut Trisna Farida**  
NIM. 190190017

# PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN DASAR SELULOSA DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN PENAMBAHAN PATI SAGU

## ABSTRAK

Bioplastik merupakan plastik yang dibuat dari bahan-bahan alami yang dapat diuraikan oleh organisme, sehingga lebih ramah lingkungan. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) memiliki kandungan selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan penambahan pati sagu. Karakterisasi menggunakan metode uji tarik, daya serap air, FTIR, TGA, serta uji biodegradabilitas. Hasil kekuatan tarik paling tinggi pada bioplastik ditunjukkan pada sampel NaOH 25% kandungan selulosa TKKS, pati (60:40) yaitu sebesar 8,22 MPa, *elongation* 1,46 %, dan *modulus young* 563,49 MPa. Uji daya serap air terbaik terdapat pada NaOH 30% kandungan selulosa TKKS, pati (60:40) yaitu sebesar 24,63% . Hasil uji gugus kimia penambahan NaOH 25% pada variasi selulosa 60% menunjukkan adanya gugus –OH pada bilangan 3591,50cm<sup>-1</sup>. Hasil TGA didapat total *weight loss* sebesar 87,184%. Uji biodegradabilitas terbaik ditunjukkan sampel NaOH 20% selulosa TKKS, pati (60:40) yaitu sebesar 25,43 %.

*Kata Kunci: Plastik biodegradable, selulosa TKKS, pati sagu, biodegradability*

## DAFTAR ISI

<b>SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Kajian Literatur .....	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.1.2 Perbedaan Dari Penelitian Sebelumnya .....	5
2.1.3 Keaslian Penelitian.....	6
2.2 Plastik .....	6
2.3 Plastik <i>Biodegradable</i> .....	7
2.4 Selulosa.....	9
2.5 Plastik Polypropylene .....	13
2.6 Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	15
2.7 Tanaman Sagu .....	16
2.8 Pati Sagu .....	17
2.9 Sifat Mekanik .....	19
2.10 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	23
2.11 Uji Biodegradability .....	24

2.12 Uji Daya Serap .....	25
2.13 Analisa Thermogravimetric Analysis (TGA) .....	25
2.14 Review Penelitian Sebelumnya .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.2.1 Alat-alat .....	28
3.2.2 Bahan .....	28
3.3 Variabel Penelitian .....	29
3.3.1 Variabel Tetap .....	29
3.3.2 Variabel Bebas .....	29
3.3.3 Variabel Terikat .....	30
3.4 Prosedur Kerja .....	30
3.4.1 Milling Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .....	30
3.4.2 Ekstraksi Selulosa .....	30
3.4.3 Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i> .....	31
3.5 Prosedur Analisa .....	31
3.5.1 Analisa Mekanis .....	31
3.5.2 Analisa Biodegradabilitas .....	33
3.5.3 Daya Serap Air .....	33
3.5.4 Analisa FTIR (Fourier Transform Infra Red) .....	33
3.5.5 Analisa TGA (Thermogravimetric Analysis) .....	34
3.6 Diagram Alur Penelitian .....	34
3.6.1 Milling Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .....	34
3.6.2 Ekstraksi Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	35
3.6.3 Pembuatan Film Plastik Biodegradable .....	37
3.7 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil .....	39
4.1.1 Uji Kuat Tarik .....	39
4.1.2 Uji Daya Serap Air .....	40
4.1.3 Uji Biodegradabilitas .....	41
4.2 Pembahasan .....	45
4.2.1 Uji Kuat Tarik ( <i>Tensile strength</i> ) .....	45

4.2.2 Uji Daya Serap Air.....	48
4.2.3 Gugus Fungsi (FTIR) .....	50
4.2.4 Analisa Thermogravimetric Analysis (TGA) .....	51
4.2.5 Uji Biodegradabilitas.....	52
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN A DATA PENGAMATAN.....</b>	<b>A-1</b>
<b>LAMPIRAN B PERHITUNGAN.....</b>	<b>B-1</b>
<b>LAMPIRAN C GAMBAR DAN DOKUMENTASI.....</b>	<b>C-1</b>
<b>LAMPIRAN D DOKUMENTASI ADMINISTRASI.....</b>	<b>D-1</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Mekanik Plastik Menurut SNI .....	7
Tabel 2. 2 Standar Mutu Bioplastik .....	9
Tabel 2. 3 Karakteristik polipropena (PP).....	14
Tabel 2. 4 Komposisi kandungan tandan kosong kelapa sawit .....	16
Tabel 2. 5 Komposisi Kimia Pati Sagu .....	19
Tabel 2. 6 Spesifikasi Pati Sagu .....	19
Tabel 2. 7 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882 .....	22
Tabel 2. 8 Review Penelitian Sebelumnya .....	26
Tabel 3. 1 alat yang digunakan dalam penelitian .....	28
Tabel 3. 2 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882 .....	32
Tabel 3. 6 Rencana Pelaksanaan Penelitian .....	38
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Nilai Kuat Tarik pada Plastik Biodegradable.....	39
Tabel 4. 2 Hasil Uji Daya Serap Air .....	40
Tabel 4. 3 Hasil Uji Biodegradabilitas .....	41
Tabel 4. 4 Hasil Ekstrapolasi Plastik Biodegradable .....	44
Tabel 4. 5 Hasil uji biodegradabilitas .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur kimia selulosa .....	11
Gambar 2. 2 Ilustrasi Proses Perlakuan Awal Lignoselulosa.....	12
Gambar 2. 3 Spektra FT-IR -selulosa dan nanokristal selulosa .....	13
Gambar 2. 4 Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	15
Gambar 2. 5 Tanaman Sagu (Metroxylon Rumphii M).....	17
Gambar 2. 6 Rantai Amilosa .....	18
Gambar 2. 7 Rantai Amilopektin.....	18
Gambar 2. 8 Alat Uji Tarik pada Plastik.....	20
Gambar 2. 9 Diagram Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan .....	21
Gambar 2. 10 Specimen Uji Tarik (ASTM D882,2002).....	22
Gambar 2. 11 Alat Uji Fourier Transform Infra-Red (FTIR).....	23
Gambar 2.12 Alat TGA.....	26
Gambar 3. 1 Spesimen Uji Tarik (ASTM D882) .....	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir Milling TKKS .....	34
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi .....	35
Gambar 3. 4 Diagram Alir Delignifikasi.....	36
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik Biodegradable .....	37
Gambar 4. 1 Rumus Ekstrapolasi NaOH 20 %, Selulosa40%, 50% dan 60%.....	42
Gambar 4. 2 Rumus Ekstrapolasi NaOH 25%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.....	42
Gambar 4. 3 Rumus Ekstrapolasi NaOH 30%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.....	43
Gambar 4. 4 Kuat tarik pada massa selulosa (% w/w) .....	45
Gambar 4. 5 Elongasion pada massa selulosa (% w/w) .....	46
Gambar 4. 6 Modulus Young pada massa selulosa (% w/w).....	46
Gambar 4. 7 Pekaruh delignifikasi dan selulosa terhadap nilai daya serap air .....	48
Gambar 4. 8 Grafik analisa FTIR .....	50
Gambar 4. 9 Grafik Thermal TGA .....	51
Gambar 4. 10 Laju Terdegradasi.....	52
Gambar 4. 11 Laju Ektrapolasi pada NaOH 20%, Selulosa 40%, 50% dan 60%. 54	
Gambar 4. 12 Laju Ektrapolasi pada NaOH 25%, Selulosa 40%, 50% dan 60%. 54	
Gambar 4. 13 Laju Ektrapolasi pada NaOH 30%, Selulosa 40%, 50% dan 60%. 55	

## DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
SNI	= Standar Nasional Indonesia
JIS	= Japanase Industrial Standart
PP	= Polipropena
MPa	= <i>Megapascal</i>
%	= Persen
Gr/mol	= Gram per Mol
$\text{Gr}/\text{cm}^3$	= Gram per Sentimeter Kubik
$\text{Kg}/\text{cm}^3$	= Kilogram per Sentimeter Kubik
Kal/mol	= Kilokalori per Mol
$\text{G}/\text{cm}^3$	= Gram per Sentimeter Kubik
$W_f$	= Berat Akhir
$W_i$	= Berat Awal
$M_i$	= Massa Akhir
$M_0$	= Massa Awal
NaOH	= Natrium Hidroksida
NaOCL	= Natrium Hipoklorit
Gr	= Gram
$^{w/w}$	= Persen Massa
$\text{cm}^{-1}$	= Bilangan Gelombang
$\sigma$	= Kuat Tarik (MPa)
$\varepsilon$	= Perpanjangan (mm <sup>2</sup> )
$A$	= Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )
$F$	= Gaya (N)
$\Delta L$	= Pertambahan Panjang (mm)
$L$	= Panjang Awal (mm)
$y$	= Modulus Young (MPa)

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Tabel Data Uji Kuat Tarik .....	A-1
Lampiran A. 2 Tabel Data Pengamatan Uji Daya Serap .....	A-1
Lampiran A. 3 Tabel Data Pengamatan Uji Biodegradabilitas .....	A-1
Lampiran A. 4 Laju Ekstrapolasi.....	A-2
Lampiran A. 5 Gambar Tabel Data Serapan FTIR.....	A-3
Lampiran B. 1 Menghitung (%) Daya Serap Air.....	B-1
Lampiran B. 2 Menghitung (%) Biodegradable .....	B-3
Lampiran B. 3 Menghitung Kekuatan Tarik .....	B-18
Lampiran C. 1 Analisa Gugus Fungsi (FTIR) .....	C-1
Lampiran C. 2 Analisa TGA .....	C-2
Lampiran C. 3 Analisa Uji Daya Serap.....	C-2
Lampiran C. 4 Analisa Uji Daya Serap.....	C-3
Lampiran C. 5 Alat dan Bahan Penelitian.....	C-4
Lampiran D. 1 Surat Labiratorium .....	D-1
Lampiran D. 2 Surat Persetujuan Sidang .....	D-2
Lampiran D. 3 Surat Undangan Sidang .....	D-3
Lampiran D. 4 Biodata.....	D-4

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produk plastik sering dipergunakan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu produk plastik yang sering digunakan adalah kantong plastik. Harganya yang murah dan mudah digunakan menjadikan kantong plastik bagian dari kehidupan manusia. Selain memiliki berbagai kelebihan tersebut plastik juga mempunyai kelemahan diantaranya adalah bahan baku utama pembuatan plastik yang berasal dari minyak bumi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Plastik juga tidak dapat diuraikan dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur di dalam tanah. Hal ini mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah dan menjadi penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup.

Plastik *biodegradable* umumnya dibuat dari bahan selulosa. Bioplastik yang terbuat dari selulosa memiliki kelebihan yaitu nilai kuat tarik yang tinggi serta kemampuan mengikat yang kuat. Hal ini karena fleksibilitas yang tinggi pada selulosa dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi sehingga nilai kuat tarik meningkat (Intandiana,dkk,2019).Bioplastik dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sumber daya alam. Indonesia adalah negara yang sangat potensial untuk dapat memproduksi bioplastik dengan potensi sumber daya alam yang dimilikinya. Salah satunya dengan mengembangkan biopolimer dari selulosa.

Bioplastik merupakan plastik yang dibuat dari bahan-bahan alami yang dapat diuraikan menggunakan mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan plastik konvensional. Mengatasi polusi plastik membutuhkan pengembangan biopolimer yang dapat terurai secara hayati, sebagai alternatif dari polimer sintetis. Alternatif pengganti plastik konvensional saat ini adalah jenis plastik *biodegradable*. Plastik biodegradable terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman seperti; pati, selulosa, kolagen, kasein protein. Selulosa merupakan salah satu

senyawa yang sangat melimpah dan banyak ditemukan di alam, senyawa ini dapat ditemukan pada limbah padat tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan dari industri pengolahan minyak sawit.

Industri kelapa sawit saat ini berkembang sangat pesat, sehingga menghasilkan limbah yang semakin meningkat, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu limbah hasil industri sawit. Tandan kosong kelapa sawit merupakan kumpulan serat yang tertinggal setelah dipisahkan antara buah dengan janjangannya yang telah disterilkan. Salah satu bahan yang sangat penting dari TKKS yang bisa dimanfaatkan menjadi produk lain yang bernilai tinggi adalah selulosa. Selulosa merupakan polimer alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

Berdasarkan data BPS tahun 2020, produksi kelapa sawit di Indonesia mencapai 47 juta ton, dari 1 ton tandan buah segar kelapa sawit dapat menghasilkan limbah TKKS sebanyak 21-23% atau 0,21-0,23 ton. Namun selama ini limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu bentuk pemanfaatan limbah TKKS adalah dengan mengekstraksi selulosa sebagai bahan baku pembuatan plastik (Wahyudi dkk., 2020). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki kandungan  $\alpha$ -selulosa yang cukup tinggi yaitu 51,7% dan hemiselulosa 10,9% (Zulnazri, 2017).

Pati sagu merupakan hasil ekstraksi empulur pohon sagu (*Metroxylon sp*) yang sudah tua (berumur 8-16) tahun. Pati merupakan butiran granula yang berwarna putih mengkilap, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa. Pati sagu sebagian besar berwarna putih, namun ada juga yang secara genetik berwarna kemerahan yang disebabkan oleh senyawa phenolik.

Pati (*starch*) adalah karbohidrat kompleks yang mengandung dua macam polimer, yaitu amilosa dan amilopektin dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa merupakan polisakarida yaitu polimer yang tersusun dari glukosa sebagai monomernya. Setiap monomer terhubung dengan ikatan  $-(1,4)$  glikosidik. Amilosa adalah polimer yang tidak bercabang, dalam masakan amilosa memberi efek keras bagi tepung atau pati.

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit agar memiliki nilai ekonomis salah satunya adalah dengan cara mengisolasi selulosanya. Dari dasar tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Penambahan Pati Sagu”. Adanya penelitian ini bisa menjadi acuan pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi bahan dasar pembuatan plastik biodegradable.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana proses ekstraksi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan selulosa serta pati sagu pada plastik biodegradable ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui proses ekstraksi selulosa berbasis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai plastik *biodegradable*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan selulosa berbasis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pati sagu pada plastik *biodegradable*.
3. Menentukan karakteristik fisik plastik *biodegradable* dengan pengujian mekanis (uji tarik, *elongation*, *modulus young*), pengujian biodegradabilitas , pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA) serta pengujian daya serap air.
4. Menentukan gugus fungsi/senyawa yang terdapat dalam plastik biodegradable dengan pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang bagaimana proses ekstraksi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pengaruh penambahan pati sagu pada plastik *biodegradable*.

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah metode ekstraksi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) beserta faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi dan pengaruh penambahan selulosa serta penambahan pati sagu pada plastik *biodegradable*.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Literatur**

##### **2.1.1 Penelitian Terdahulu**

Wahyudi, dkk (2020), telah melakukan penelitian mengenai “Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Talas dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit”. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwakarakterisasi bioplastik memiliki kuat tarik dan elongasi yang sudah sesuai SNI (Standar Nasional Indonesia) kuat tarik pada dominan komposisi 0,5:0,5 % elongasi pada dominan komposisi 1:0 serta kemampuan bioplastik untuk dapat terdegradasi sempurna. Variabel berubah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0.5:0.5 (pati talas : selulosa), 0.625:0.375 (pati talas : selulosa), 0.75:0.25 (pati talas : selulosa), 0.875:0.125 (pati talas : selulosa) dan 1:0 (pati talas).

Tengku Rachmi, dkk (2017), telah melakukan penelitian mengenai “Analisis Sifat Fisika Pemanfaatan Pati Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Plastik LDPE sebagai Bahan Pembuatan Plastik *Biodegradable*”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimum yang dihasilkan plastik biodegradabel dengan perbandingan limbah LDPE, pati TKS, maleat anhidrida, benzoil peroksida (60:40:1:1) yang memiliki harga kuat tarik 6,9410 N/m<sup>2</sup> dan nilai kemuluran 3,1875%, suhu titik lebur 103°C dan suhu terdekomposisi 384°C, pada uji termal gravimetri didapatkan residu 12,6%, dan analisis sifat morfologi menunjukan sebaran pati TKSS merata. Variasi perbandingan yang digunakan antara limbah LDPE, pati TKS, maleat anhidrida dan benzoil peroksida (90:10:1:1), (80:20:1:1), (70:30:1:1), dan (60:40:1:1).

##### **2.1.2 Perbedaan Dari Penelitian Sebelumnya**

Perbedaan dari penelitian sebelumnya terletak pada pati yang digunakan, variabel penambahan selulosa. Untuk NaOH yaitu dipakai dengan konsentrasi 20%, 25%, dan 30%. Sedangkan selulosa yang dipakai yaitu 40%, 50% dan 60%. Pengujian yang akan dilakukan yaitu, uji Fourier Transform Infra Red (FTIR), uji mekanis (uji tarik, *Elongation*, *Modulus Young*), uji biodegradabilitas, uji

lignoselulosa dan uji daya serap air pada plastik *biodegradable* berbahan dasar selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pati sagu.

### 2.1.3 Keaslian Penelitian

Peneliti merasa tertarik untuk melakukan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, meskipun terdapat kesamaan dan perbedaan. Perbedaan dari penelitian sebelumnya seperti variabel yang digunakan yaitu 40:50 (selulosa : pati sagu), 50:50 (selulosa : pati sagu), 60:40 (selulosa : pati sagu). Pengujian dilakukan pada plastik *biodegradable*, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan pati sagu terhadap uji tarik, uji *biodegradabilitas*, daya serap air dan analisis gugus fungsi plastik menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR), serta uji Thermogravimetric Analysis (TGA).

## 2.2 Plastik

Plastik merupakan produk *nonbiodegradable* yang banyak digunakan dimana menyebabkan potensi pencemaran yang parah terhadap lingkungan. Plastik tidak bisa terdegradasi oleh mikroorganisme karena sifatnya yang *nonbiodegradable* (Susilowati, 2011). Berdasarkan data Jambeck research group pada tahun 2015, Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik di laut yang mencapai 187,2 juta ton. Hal itu berkaitan dengan data dari KLHK yang menyebut plastik hasil dari 100 toko atau anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) dalam waktu satu tahun mencapai 10,95 juta lembar sampah kantong plastik. Jumlah itu setara dengan 65,7 hektar atau 60 kali luas lapangan sepak bola. Dan hal itu menyebabkan dampak yang merugikan bagi populasi makhluk hidup. Banyak bahan kimia berbahaya yang terkandung dalam plastik yang mempunyai dampak buruk bagi lingkungan beberapa diantaranya adalah Etilen oksida, xylane dan benzene. Dan beberapa kandungan kimia juga berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup diantaranya phthalates, adipates, dan bahkan alkilfenol yang telah dinyatakan bahan beracun (W. Meredith, 2000).

Tabel 2. 1 Karakteristik Mekanik Plastik Menurut SNI

No	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat Tarik (MPa)	24,7 – 302
2.	Elongasi (%)	21 – 220

(DarnidanHerti,2010)

Sifat-sifat plastik sesuai menggunakan standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan di Tabel 2.1. Polimer ialah suatu bahan yang terdiri atas unit molekul yang disebut monomer. Polimer alam yang sudah dikenal antara lain selulosa, protein, serta karet alam. Secara garis besar , plastik bisa dikelompokkan sebagai 2 golongan, yaitu:

- a. Plastik termoplastik, yaitu plastik yang bisa dicetak berulang- ulang dengan adanya panas, diantaranya polietilena (PE), polipropilena (PP), serta nilon. Plastik termoplas bersifat lentur, mudah terbakar, tak tahan panas, serta bisa didaur ulang. Plastik termoplas mempunyai rantai lurus.
- b. Plastik termoset, yaitu plastik yang jika sudah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak balik karena polimernya berbentuk jaringan 3 dimensi, diantaranya PU (poly Urethane), UF (Urea Formaldehyde), MF (Melamine Formaldehyde), serta polyester. Plastik termoset bersifat kaku, tidak mudah terbakar, tahan terhadap suhu tinggi, dan berikatan cross-linking.

### 2.3 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* dapat diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Stevens (2001), plastik *biodegradable* disebut juga bioplastik yaitu plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui.

Plastik *biodegradable* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *biodegradable* film, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi. *Biodegradable coating* adalah jenis film yang langsung melapisi produk, sedangkan pada plastik *biodegradable* pembentukannya tidak secara langsung melainkan sebagai pelapis dan pengemas.

Enkapsulasi merupakan *biodegradable packaging* yang memiliki fungsi sebagai pembawa zat *flavour* berbentuk serbuk. *Biodegradable* film berfungsi sebagai penghambat perpindahan uap air, penghambat pertukaran gas, pencegah kehilangan aroma, pencegah perpindahan lemak, peningkatan karakteristik fisik, dan pembawa zat aditif.

Komponen utama penyusun plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid yang cocok digunakan antara lain senyawa protein, polisakarida, alginat, pektin, dan pati. Bahan dasar protein dapat berasal dari jagung, kedelai, kasein, kolagen, gelatin, cornzein, protein susu dan protein ikan. Lipida yang biasa digunakan adalah gliserol, waxes, asil gliserol dan asam lemak, sedangkan komposit terdiri dari matriks yang berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal dan *filler* berfungsi sebagai penguat gabungan lipida dengan hidrokoloid (Sriwita, 2014).

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang terbuat dari biopolimer. Biopolimer adalah polimer yang tersusun atas biomassa yang dapat diperbaharui. Selain penyusunnya, perbedaan antara plastik *biodegradable* dengan plastik biasa adalah *biodegradability* atau tingkat penguraian plastik *biodegradable* yang dapat terdegradasi dengan lebih mudah daripada plastik biasa. Hal tersebut menyebabkan plastik *biodegradable* merupakan plastic alternatif yang ramah lingkungan (Anonim 1, 2006).

Bioplastik atau yang lebih sering disebut plastik *biodegradable*, merupakan salah satu jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui seperti pati, minyak nabati dan mikrobiota. Ketersediaan bahan dasarnya di alam sangat melimpah. Bahan yang dapat diperbaharui ini memiliki biodegradabilitas yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan pembuat bioplastik (stevens, 2002).

Vilpoux dan Averous (2006) melaporkan potensi penggunaan pati sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* berkisar 80-90% dari pasar plastik *biodegradable* yang ada. Selama ini plastik *biodegradable* yang dikembangkan adalah berbasis pati, baik pati alami maupun yang sudah dimodifikasi.

Proses pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pati ini pun sudah dikembangkan, diantaranya :

- a. Mencampur pati dengan plastik *konvensional* (*PE* atau *PP*) dalam jumlah kecil.
- b. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%).
- c. Menggunakan proses *ekstruksi* untuk mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol, alginate, lignin dan sebagai *plasticizer*.

Menurut Haryati, dkk (2017) standar mutu bioplastik dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 Standar Mutu Bioplastik

No	Standar Mutu Bioplastik	Nilai
1.	Kuat Tarik (MPa)	1 -10 Mpa
2.	Persen Elongasi (%)	10 – 20 %
3.	Biodegradasi	100 % dalam 60 hari

(Haryati, dkk. 2017)

## 2.4 Selulosa

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dimana  $n$  adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Selulosa termasuk polisakarida yang terdiri atas satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Selain itu, selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Struktur dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya *van der Waals* (Perez dkk, 2002).

Selulosa terdapat pada sebagian besar dalam dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004). Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkristal dan sisanya bagian amorf

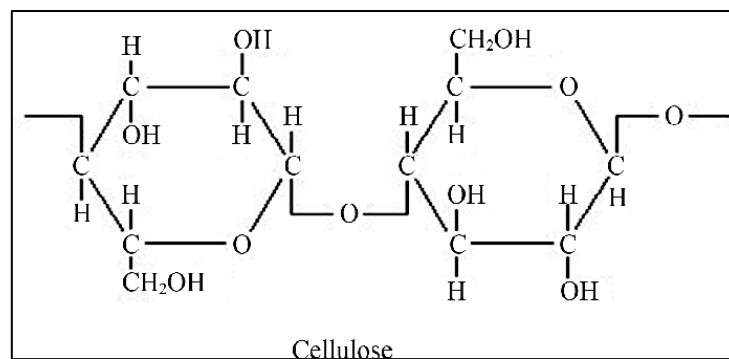
(Aziz dkk., 2002). Sifat sifat selulosa terdiri dari sifat fisika dan sifat kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis, Putera (2012) menyatakan bahwa selulosa sering digunakan sebagai bahan dasar industri kertas, sutera tiruan karena memiliki sifat fisik yang kuat, tahan terhadap panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis dan tidak mudah larut dalam air sehingga tidak mudah mengalami kerusakan.

Selulosa tidak mudah larut sebab strukturnya yang linier serta bersifat semikristalin. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia juga mekanis. Pada alam, biasanya selulosa berasosiasi menggunakan polisakarida lain mirip hemiselulosa atau lignin menghasilkan kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapple et.al, 2003).

Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan menggunakan ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membuat struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membentuk kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat serta keras. Sifat kuat serta keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membentuk bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat (Fan et al., 1982). Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut Sumbernya serta umumnya berkaitan menggunakan bahan-bahan seperti air, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Selulosa yang diperoleh berasal kayu memerlukan proses yang panjang buat menghilangkan hemiselulosa serta lignin.

Selulosa sudah digunakan pada bentuk serat atau turunannya selama lebih kurang 150 tahun. Untuk mendapatkan sifat fisik serta kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa didesain dalam aneka macam turunannya antara lain turunan ester serta eter. Ester selulosa poly dipergunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa menjadi pengikat dan bahan tambahan buat mortir khusus atau kimia spesifik buat bangunan serta konstruksi pula stabilisator

viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga artinya bahan dasar dalam pembuatan kertas. Seratnya mempunyai kekuatan dan durabilitas yang tinggi. Bila dibasahi dengan air, membagikan pengembangan saat jenuh, serta pula higroskopis. Bahkan dalam keadaan basah, serat selulosa alami tidak kehilangan kekuatannya (Zugenmaier, 2008). Struktur kimia selulosa bisa diamati pada Gambar 2.1

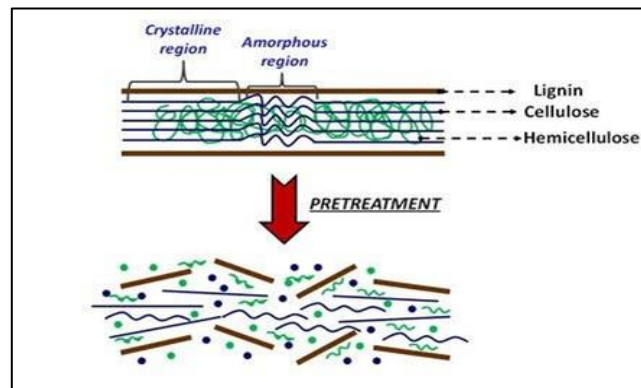


Gambar 2. 1 Struktur kimia selulosa

(Sumber : H. Chen, 2014)

Struktur kimia selulosa merupakan turunan selulosa yang telah digunakan secara luas dalam sediaan farmasi seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa, serta dalam bentuk lainnya yang digunakan dalam sediaan oral, topikal, serta injeksi. Baru-baru ini, penggunaan selulosa mikrokristal pada emulsi serta formulasi injeksi semipadat telah dijelaskan. Penggunaan bentuk-bentuk selulosa dalam sediaan ditimbulkan sifatnya yang inert serta biokompatibilitas yang sangat baik di manusia (Jackson, dkk., 2011).

Biomassa lignoselulosa telah menjadi sumber bahan baku yang dapat diperbaharui dan didefinisikan sebagai sebagai sebuah bio matrik yang kompleks dan dapat menghasilkan polisakarida dan polimer finolik (Yahya dkk, 2015). Sumber lignoselulosa dapat ditemukan dialam pada serat kayu dan tumbuhan. Selain itu lignoselulosa dapat di ekstrak dari bakteri menjadi serat selulosa. Ilustrasi proses perlakuan awal lignoselulosa dapat diamati pada Gambar 2.2



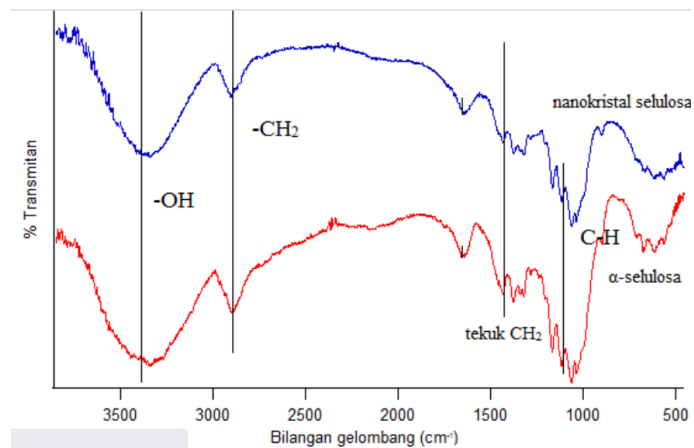
Gambar 2. 2 Ilustrasi Proses Perlakuan Awal Lignoselulosa  
(sumber: Yahya dkk, 2015)

Gambar 2.2 merupakan ilustrasi proses perlakuan awal lignoselulosa untuk memperoleh tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan memecah struktur lignin dan hemiselulosa dengan melarutkannya dalam pelarut seperti alkali untuk memperoleh selulosa. Dalam struktur lignoselulosa yang kompleks, selulosa mempertahankan struktur kristalin juga seratnya (*amouf*). Hemiselulosa terletak diantar serat mikro dan makro dari selulosa. Lignin dan hemiselulosa berperan sebagai struktur matrik atau rangka tempat tertanamnya selulosa sebagai penguat utama dari lignoselulosa (Faulon,1994).

Proses ekstraksi selulosa dilakukan dengan jalan memisahkan komponen selulosa dari komponen lainnya pada bahan melalui proses ekstraksi asam dan ekstraksi basa maupun kombinasi keduanya yang melibatkan proses delignifikasi. Proses ekstraksi basa biasa menggunakan larutan NaOH dalam proses delignifikasi.

Isolasi nanokristal selulosa melibatkan reaksi hidrolisi-selulosa oleh asam kuat  $H_2SO_4$  48%. Proses hidrolisis merupakan proses yang paling penting dalam isolasi nanokristal selulosa. Spektrum FT-IR dari selulosa dan nanokristal selulosa dapat diamati pada Gambar 2.3





Gambar 2. 3 Spektra FT-IR -selulosa dan nanokristal selulosa

(Sumber : Nina Hartati, dkk. 2019)

Gambar 2.3 menjelaskan terdapat serapan pada bilangan gelombang berkisar 3400 dan 3500  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus OH ulur dan pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus  $\text{CH}_2$ , bilangan gelombang 1644  $\text{cm}^{-1}$  mempresentasikan gugus  $\text{C} = \text{O}$  ulur, keberadaan puncak pada daerah bilangan gelombang tersebut diperkirakan karena adanya penyerapan air yang menghasilkan interaksi yang kuat antara selulosa dengan air. Bilangan gelombang 1430  $\text{cm}^{-1}$  menggambarkan adanya tarikan hidrogen intermolekular yang terdapat pada gugus.

## 2.5 Plastik Polypropylene

Plastik PP (*Polypropilene*) merupakan bahan polimer termoplastik yang dibuat oleh industri polimer dan digunakan dalam berbagai aplikasi baik sebagai serat maupun plastik. Plastik PP merupakan polimer yang ringan karena memiliki densitas sebesar 0,90-0,92  $\text{g}/\text{cm}^3$ , memiliki kekerasan dan kerapuhan paling tinggi serta bersifat kurang stabil terhadap panas (Nicko et al., 2011). Plastik PP (*polypropilene*) pertama dipolimerisasi di tahun 1951 oleh Paul Hogan dan Robert Banks yang kemudian disempurnakan di tahun 1954 oleh Natta dan Rehn, ilmuwan asal Italia. Pada tahun 1957, plastik PP diproduksi untuk komersial dan meluas di seluruh Eropa. Sampai saat ini, plastik jenis PP merupakan salah satu plastik yang paling banyak di produksi di dunia.

### 1. Karakteristik Plastik Polypropylene (PP)

Plastik Polypropilene merupakan plastik apabila dipanaskan akan meleleh dan akan kembali keras ketika suhu kembali normal. Dalam kondisi tersebut, membuat plastik polypropylene mudah untuk didaur ulang. Plastik polypropilene memiliki elastisitas dan kekuatan yang cukup tinggi, mampu mempertahankan bentuk statis dan tahan terhadap arus listrik.

Titik leleh polipropena terjadi dalam rentang, sehingga titik lebur ditentukan dengan mencari suhu tertinggi dari grafik kalorimetri pemindaian diferensial. PP isotaktik sempurna memiliki titik leleh  $171^{\circ}\text{C}$  ( $340^{\circ}\text{F}$ ). Pp isotaktik komersial memiliki titik leleh berkisar  $160^{\circ}\text{C}$ -  $166^{\circ}\text{C}$  ( $320^{\circ}\text{F}$  –  $331^{\circ}\text{F}$ ), tergantung pada bahan yang ingin dilelehkan.

Adapun karakteristik dari selulosadapat dilihat pada tabel 2.3 Sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Karakteristik polipropena (PP)

<b>Karakteristik Bahan</b>	
Rumus molekul	$(\text{C}_3\text{H}_6)_n$
Berat molekul	162,14 g/mol
Titik lebur	$160^{\circ}\text{C}$
Densitas	0,855 g/cm <sup>3</sup> , amorphorus 0,946 g/cm <sup>3</sup> , kristalin

(Sumber: Al Safrudin, 2021)

Plastik polipropena (PP) memiliki rumus kimia  $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$  dengan berat molekul sebesar 162,14 g/mol serta densitas pada karakteristik PP adalah 0,855 g/cm<sup>3</sup> pada keadaan amorphorus dan 0,946 g/cm<sup>3</sup> pada keadaan kristal.

### 2. Tipe-Tipe Polypropylene

#### a. *Polypropilene Copolymer*

Polypropilene copolimer merupakan produk hasil polimerisasi dari ethane dan propene. Tergantung dari seberapa banyak kandungan ethane didalamnya, ada 2 jenis copolymer yaitu copolymer blok dan copolymer acak. Kedua nama tersebut ada hubungannya dengan struktur kimia. Copolymer blok mempunyai

kandungan ethane sebesar 5% - 15%, sedangkan copolymer acak memiliki ethane sekitar 6%.

*b. Polypropylene Homopolymer*

Polypropilene homopolymer merupakan jenis polypropilene yang umum digunakan di industri. Polypropilene homopolymer dibentuk dari padatan semi kristal yang terdiri dari polypropilene monomer. Polypropilene homopolymer mempunyai kandungan ethane yang sedikit, sehingga polypropilene homopolymer dapat dibuat sedikit transparant.

## 2.6 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Limbah industri kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit, yang digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Beberapa limbah yang digolongkan sebagai limbah padat yaitu TKKS, cangkang atau tempurung, serabut atau serat, sluge atau lumpur dan bungkil (Prayitno dkk, 2008)

Tandan kosong kelapa sawit adalah salah satu limbah yang berasal dari pengolahan buah sawit yang telah diambil minyaknya atau *crude plam oil* (CPO). Dengan banyaknya perusahaan dalam pengolahan buah kelapa sawit maka limbah tandan kosong kelapa sawit juga semakin meningkat. Dalam pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit selama ini dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioetanol, bahan pupuk kompos, dan juga sebagai pembuatan komposit (Arif, 2012).



Gambar 2. 4 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Produksi tandan kosong kelapa sawit berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproses di pabrik pengolahan kelapa sawit. Secara

fisik tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komposisi kandungan tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Komposisi kandungan tandan kosong kelapa sawit

<b>Komponen</b>	<b>Kadar (%)</b>
Zat terlarut dalam air	21,9
Hemiselulosa	10,9
Selulosa	51,7
Lignin	13,7
Abu	1,8

Sumber : (Zulnazri,2017)

Berdasarkan Tabel 2.3, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) tersusun dari serat-serat alam yang dapat diolah untuk dijadikan polimer alami. Komposisi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yaitu kandungan zat terlarut dalam air sebanyak 21,9%, kandungan hemiselulosa sebanyak 10,9%, kandungan selulosa sebanyak 51,7%, kandungan lignin sebanyak 13,7%, dan kadar abu sebanyak 1,8%.

## **2.7 Tanaman Sagu**

Sagu (*Metroxylon sp*) termasuk tumbuhan monokotil dari keluarga *Palmae*. Sebagian besar tanaman sagu hidup berkelompok dengan membentuk rumpun di rawa-rawa. Ketinggian pohon sagu mencapai 15 m dengan ketebalan kulit sekitar 3-5 cm. Dalam ketinggian pohon sagu sekitar 10 m dengan lingkaran batang 35-50 cm atau bisa melebihi ukuran tersebut. Bagian yang terpenting dari pohon sagu adalah batangnya, dimana batang bagian bawah lebih besar dibandingkan dengan bagian atas. Dalam batang pohon sagu terdapat empulur yang mengandung karbohidrat. Kandungan pati terbanyak terdapat pada batang sagu bagian bawah. Gambar tanaman sagu (*Metroxylon Rumphii M*) dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Tanaman Sagu (*Metroxylon Rumphii M*)

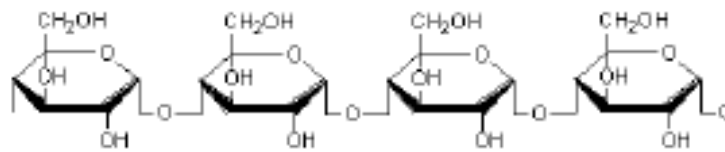
(Sumber: Chafid dan Kusumawardhani, 2010)

Batang sagu digunakan sebagai tempat penyimpanan pati sagu selama masa pertumbuhan, sehingga semakin berat dan panjang batang sagu semakin banyak pati yang terkandung di dalamnya. Pada umur panen 10–12 tahun, berat batang sagu dapat mencapai 1,2 ton (Rumalatu, 1981). Berat kulit batang sagu sekitar 17- 25% sedangkan berat empulurnya sekitar 75-83% dari berat batang. Pada umur 3- 5 tahun, empulur batang sagu sedikit mengandung pati, akan tetapi pada umur 11 tahun empulur sagu mengandung 15-20% pati sagu.

## 2.8 Pati Sagu

Pati sagu merupakan hasil ekstraksi empulur pohon sagu (*Metroxylon sp*) yang sudah tua (berumur 8-16) tahun. Komponen terbesar yang terkandung dalam sagu adalah pati. Pati merupakan butiran granula yang berwarna putih mengkilap, tidakberbau dan tidak mempunyai rasa. Pati sagu sebagian besar berwarna putih, namun ada juga yang secara genetik berwarna kemerahan yang disebabkan oleh senyawa phenolik. Derajat putih pati sagu bervariasi dan seringkali bembah menjadi kecoklatan/merah selama proses penyimpanan. Pembahan wamadilaporkan akibat adanya aktivitas enzim *Latent Polyphenol Oxidase* (LPPO). Enzim ini mengkatalis reaksi oksidasi senyawa *poliphenol* menjadi *quinon* yang selanjutnya membentuk polimer dan menghasilkan warna coklat (Purwani, dkk.,2006).

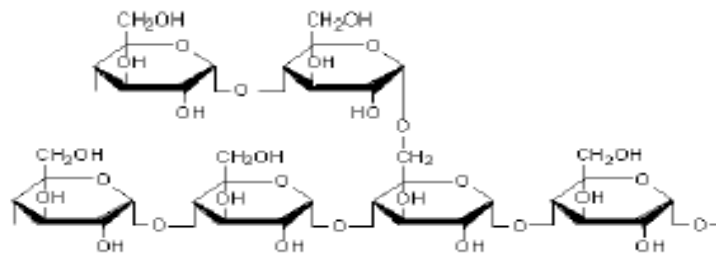
Pati (*starch*) adalah karbohidrat kompleks yang mengandung dua macam polimer, yaitu amilosa dan amilopektin dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa merupakan polisakarida yaitu polimer yang tersusun dari glukosa sebagai monomernya. Setiap monomer terhubung dengan ikatan  $-(1,4)$  glikosidik. Amilosa adalah polimer yang tidak bercabang, dalam masakan amilosa memberi efek keras bagi tepung atau pati. Rantai amilosa dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Rantai Amilosa

(Sumber: Chafid dan Kusumawardhani, 2010)

Sifat patiditentukan oleh panjang rantai C dan bentuk rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, yaitu fraksi terlarut disebut amilosa dengan struktur lurus dan fraksi tidak larut yang disebut amilopektin dengan struktur bercabang (Suhardjo, dkk., 1986 dalam Rahmiyati, 2006). Rantai amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Rantai Amilopektin

(Sumber: Chafid dan Kusumawardhani, 2010)

Granula pati mempunyai bentuk dan ukuran yang beraneka ragam, tetapi pada umumnya berbentuk oval atau clips. Granula pati sagu berbentuk oval dengan diameter 15-50  $\mu\text{m}$ . Ukuran tersebut lebih besar dibanding pati beras (2-13  $\mu\text{m}$ ), pati jagung (5-25  $\mu\text{m}$ ) atau pati terigu (3-34  $\mu\text{m}$ ). Besarnya ukuran granula pati sagu relatif mudah diendapkan (Purwani, dkk., 2006). Komposisi kimia pati sagu dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2. 5 Komposisi Kimia Pati Sagu

Komponen	Jumlah (%)
Air	12,0
Protein	0,7
Abu	0,1
Lemak	3,0
Serat	0,2
Amilosa	22,97
Amilopekti	62,11

(sumber: laboratorium kimia pangan (2009)

Richana,dkk.,(2000) dalam anonim 2009b)

Pada Tabel 2.6 Spesifikasi Pati Sagu

Tabel 2. 6 Spesifikasi Pati Sagu

Kandungan gizi	Kadar (%)
Karbohidrat	76,68
Protein	0,24
Lemak	0,39
Air	10,89
Abu	9,8

(Sumber: Chafid dan Kusumawardhani, 2010)

## 2.9 Sifat Mekanik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film. Kekuatan maksimum atau tensile strength stress adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegang regangan (Ardiansyah, R, 2011). Parameter ini menggambarkan kemampuan struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan yang disebabkan oleh tekanan berlebihan atau kemungkinan juga adanya deformasi struktur (Anggarini, F, 2013).

Proses strain merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi perenggangan hingga film terputus. Ukuran dasar dari kekakuan (stiffness) sebuah film ditunjukkan oleh nilai modulus elastis sehingga penurunan nilai tersebut dapat diartikan bahwa fleksibilitas film meningkat. Gambar alat uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2. 8 Alat Uji Tarik pada Plastik

Uji tarik, kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan ke perangkat peregang. Regangan diterapkan melalui kepala-silang yang digerakkan motor dan elongasi beban uji ditunjukkan dengan pergerakan relative dari benda uji. Beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut ditentukan dari defleksi elastic suatu balok atau proving ring, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolis, optic, atau elektromekanik.

Berdasarkan hukum hooke polimer yang dilakukan uji tarik akan mengalami perpanjangan hingga mencapai titik putus. Hasil pengujian tarik menghasilkan hubungan antara tegangan dan regangan. Persamaan mencari regangan dan tegangan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$L_1$  = Panjang Awal (m)



$L_2$  = Panjang Akhir (m)

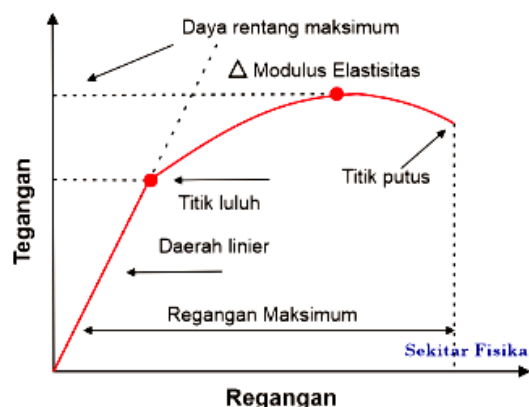
$\epsilon$  = Regangan

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/m}^2$ )

$A_0$  = Luas Penampang Bahan Sebelum Dibebani ( $\text{m}^2$ )

$F$  = Gaya(N)

Tegangan tarik menimbulkan deformasi elastis. Deformasi elastis adalah suatu regangan yang dapat balik kembali seperti semula (*reversible*) (Sumaryono, 2012). Diagram hubungan antara tegangan dan regangan disajikan pada Gambar 2.9 deformasi elastis akan muncul bila adanya tegangan, bila tegangan konstan deformasi elastis akan konstan, dan hilang bila tegangan dihilangkan. Tensile strength stress merupakan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh material hingga putus (Sumaryono, 2012). Diagram hubungan antara tegangan dan regangan disajikan pada gambar 2.9 dibawah ini :

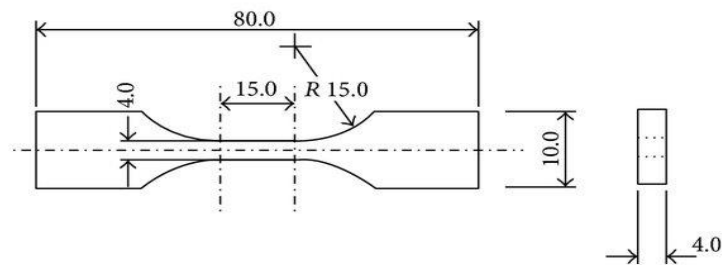


Gambar 2. 9 Diagram Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan

(Sumaryono,2012)

*Elongation* atau perpanjangan bioplastik memberikan tingkat panjang film ketika dilakukan penarikan sampai putus. *Elongation* berkaitan dengan elastisitas film. Semakin besar nilai elongation film maka semakin elastis dan semakin baik plastik *Biodegradable* film tersebut, namun sebaliknya apabila nilai *elongation* rendah maka kurang baik.

Uji *Modulus Young* didasarkan pada hasil uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan pada saat putus untuk mengetahui elastisitas suatu sampel. Standar metode pengujian harus digunakan dalam melakukan penelitian agar pengujian sesuai dan terkontrol secara baik. Uji kekuatan tarik dilakukan agar mengetahui sifat dari suatu material. Setiap material memiliki metode pengujian tarik atau *tensile strength* berbeda dengan yang lain. Dan mempunyai standar pengujian yang berbeda dimana pengujian kali ini menggunakan ASTM D882. Berikut gambar dan ukuran pada spesimen dengan ASTM D882.



Gambar 2. 10 Specimen Uji Tarik (ASTM D882,2002)

Tabel 2. 7 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm(in))
Ketebalan <7mm , T	3,00 ± 0,4 (0,11 ± 0,02)
Lebar,W	15
Panjang,L	100

(Sumber: ASTM,2002)

Elastisitas modulus adalah seberapa besar tegangan yang diberikan agar material mampu meregang biasa disimbolkan dengan E (Sumaryoono, 2012). Modulus elastisitas menggambarkan perbandingan antara tegangan dan regangan. Dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

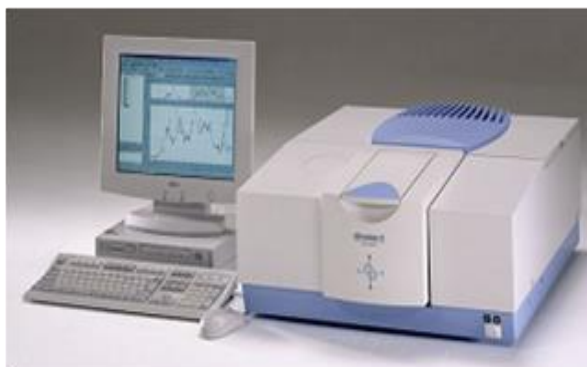
E = Modulus Elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

σ = Tegangan (N/m<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Regangan

### 2.10 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

*Fourier Transform Infra Red (FTIR)* adalah salah satu teknis analisis spektroskopi yang menggunakan sinar infra merah dari spektrum elektromagnetik, sehingga akan menghasilkan spektrum mewakili senyawanya. Spektroskopi infrared (IR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi dan identifikasi senyawa-senyawa organik. Prinsip dari spektroskopi IR didasarkan pada interaksi antara tingkat energi getaran (vibrasi).



Gambar 2. 11 Alat Uji Fourier Transform Infra-Red(FTIR)

Vibrasi atom yang berikatan dalam molekul dengan mengadsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik. Molekul yang menyerap radiasi gelombang elektromagnetik IR dalam keadaan vibrasi tereksitasi akan mengalami kenaikan amplitude getaran atom-atom yang terikat. Apabila molekul kembali ke keadaan dasar maka, energi yang terserap akan terbuang dalam keadaan panas. Penyerapan radiasi infrared tergantung dari ikatan suatu molekul. Apabila tipe ikatan yang dimiliki suatu molekul berbeda-beda atau berlainan maka penyerapan radiasi infrared pada panjang gelombang yang berlainan (Supratman, 2006).

Informasi absorpsi inframerah pada umumnya diberikan dalam bentuk spektrum dengan panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) sebagai absis x dan intensitas absorpsi atau % transmittan sebagai koordinator y. Transmittan adalah perbandingan antara fraksi sinar yang diteruskan oleh sampel (I) dan jumlah sinar yang diterima oleh sampel tersebut ( $I_0$ ) (Harvey, dkk, 1956).

Prinsipkerja spektroskopi FTIR ialah adanya interaksi energi menggunakan materi. Pada spektroskopi inframerah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel serta sebagian lagi dilewatkan. yang akan terjadi dari spektrum ialah besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang menghasilkan sidik jari molekul dari suatu sampel. seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum yang dihasilkan tidak terdapat yang sama. Inilah yang membentuk spektroskopi inframerah bermanfaat untuk beberapa analisa. Manfaat berita yang bisa diketahui dari FTIR artinya mengidentifikasi suatu senyawa yang tidak diketahui (Anggarini, 2013).

### 2.11 Uji Biodegradability

Biodegradasi merupakan salah satu cabang dari bioremediasi dimana memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa-senyawa besar atau kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih ramah lingkungan (Yani, 2003). Uji biodegradability dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk terurai di alam dengan sempurna.

Pada penelitian ini, uji biodegradasi dilakukan pada kondisi aerobik dengan bantuan bakteri dan jamur yang terdapat di tanah. Sampel plastik biodegradable diuji dengan menggunakan metode soil burial test yaitu dengan penanaman ke dalam tanah (Subowo dan Pujiastuti, 2003). Metode ini bertujuan untuk melihat persen kehilangan berat sampel pada proses degradasi sehingga akan bisa diperkirakan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah (Ardiansyah, 2011). Nilai uji biodegradasi diketahui dengan persamaan berikut:

$$\%W = \frac{M_0 - M_i}{M_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

$M_0$  = Berat Kering Awal (g)

$M_i$  = Berat Kering Akhir (g)

## 2.12 Uji Daya Serap

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan bioplastik terhadap air. Uji daya serap air (DA%) dilakukan dengan cara mengukur massa sampel bioplastik keadaan kering ( $W_i$ ) dengan massa sampel bioplastik setelah direndam dengan air ( $W_f$ ). Perhitungan persen penyerapan air pada plastik dapat menggunakan persamaan :

$$Da\% = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

$W_f$  = Massa Bioplastik Setelah Perendaman (g)

$W_i$  = Massa Awal Bioplastik (g)

Uji daya serap air diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik hasil penelitian sudah mendekati sifat plastik konvensional atau belum, karena penggunaan plastik yang cukup beragam maka plastik yang dihasilkan harus memiliki ketahanan air yang cukup tinggi.

## 2.13 Analisa Thermogravimetric Analysis (TGA)

Thermogravimetri adalah teknik untuk mengukur perubahan berat dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Hasilnya berupa rekaman diagram yang kontinu. Analisis termal adalah pengukuran fisika suatu bahan terhadap perubahan suhu dan digunakan untuk mengetahui ketahanan dan kestabilan polimer terhadap panas. Pengukuran analisis termal dapat menggunakan *Thermogravimeter Analysis* (TGA). Alat yang digunakan untuk analisa dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Alat TGA

#### 2.14 Review Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini menggunakan beberapa penelitian sebelumnya sebagai referensi untuk penelitian ini. Adapun tabel 2.3 review penelitian sebelumnya yang digunakan berupa jurnal untuk dijadikan acuan penelitian.

Tabel 2. 8 Review Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul	Variabel	Hasil Penelitian
1.	Dian Purwitasi Dewanti (2018) (Jurnal Nasional)	Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan	Sampel yang digunakan adalah Kandungan selulosa dalam TKKS sebesar 30-40% berat, dan (NaOH) 12%	Hasil penelitian menunjukkan hasil ekstraksi tersebut didapatkan <i>yield</i> selulosa sebesar 34%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa selulosa memiliki potensi yang sangat besar untuk diproduksi dari TKKS sehingga memenuhi kebutuhan bahan baku bioplastik
2.	Nur Rizqi Fattah Lubis, Rozanna Dewi, Sulhatun (2022)(Jurnal Nasional)	<i>Biofoam</i> Berbahan Pati Sagu Dengan Penguat Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit	Dipakai sampel selulosa konsentrasi NaOH sebesar 3%,4%,5% dan 6%, serta berat serat TKKS 15 gram, 30 gram,	Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik biofoam terbaik adalah konsentrasi NaOH 5% serta berat serat TKKS 30 gram dengan kuat tekan sebesar 2,31 N/mm <sup>2</sup> , kuat tarik sebesar 2,23 N/mm <sup>2</sup> , densitas

---

		Sebagai Kemasan Makanan Dengan Metode <i>Thermopressing</i>	45 gram dan 60 gram.	0,183 gr/cm <sup>3</sup> , daya serap air 11,37% dan biodegradabilitas sebesar 21,01%.
3	Rozanna Dewi, Nasrun, Zulnazri, Medan, Riza, Harry Agusnar, 2019 (Jurnal Nasional)	<i>Improved Mechanical and Thermal Properties of Modified Thermoplastic Starch (TPS) from sago by using Chitosan</i>	Sampel yang digunakan adalah pati dengan penambahan kitosan untuk meningkatkan sifat mekanik	Penambahan kitosan telah meningkatkan sifat mekanik dan termal termoplastik pati sago termodifikasi (TPS), Konsentrasi optimum penambahan kitosan 1 gr menghasilkan peningkatan kekuatan tarik (200,04 Mpa) dan peningkatan elongasi (24,96%)
4	Rozanna Dewi, Nasrun Ibrahim, Novi Sylvia, 2017 (Jurnal Nasional)	<i>Thermal behavior of modified thermoplastic starch (TPS) synthesized from sago (Metroxylon Sagu) with Diphenylmethanediisocyanate and Castor Oil</i>	Sampel yang digunakan adalah sintesis pati sago termoplastik melalui mekanisme menggunakan difenilmetana diisosianat	Dari hasil analisis DSC dan TGA, TPS yang dimodifikasikan memiliki karakteristik termal dan stabilitas termal yang baik
5	Rozanna Dewi, N. Sylvia, Zulnazri, M. Riza, 2018 (Jurnal Nasional)	<i>Mechanical and biodegradability properties of bio composite from sago starch and straw filler</i>	Sampel yang digunakan adalah jerami dan tepung sago	Dari hasil penelitian nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada filler 40% dengan perbandingan campuran antara TPS dan PP adalah 1:1,5 sebesar 10,98 Mpa

---

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Material dan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh, yang dilaksanakan mulai dari bulan Juni 2023 – selesai. Beberapa penelitian dilakukan di institusi lain karena keterbatasan alat seperti FTIR dilakukan di Universitas Syiah Kuala, Thermogravimeter Analysis (TGA) dilakukan di Politeknik Negeri Lhokseumawe, Uji Mekanis dilakukan di Universitas Sumatra Utara serta Uji Biodegradabilitas, Uji Daya Serap Air dilakukan di Universitas Malikussaleh.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat-alat

Peralatan yang digunakan dalam menyiapkan sampel pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam penelitian

Alat yang digunakan	
1. Oven	7. Mesin Press
2. Spatula	8. Gelas Ukur
3. Blender	9. Gelas Beker
4. Neraca Digital	10. Hot Plate
5. Autoklaf	11. Ayakan 60 mesh
6. Kertas Saring	12. Cetakan beesil 15 x 17 cm tebal 1 ml

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk ekstraksi TKKS pada proses *pre-hidrolisis*, *delignifikasi* adalah :



1. NaOH
2. NaOCl
3. Aquades

Kemudian untuk pembuatan film plastik *biodegradable* digunakan :

1. Xylen
2. Pati sagu
3. *Polypropilene* (PP)
4. Benzoil peroksida
5. *Maleic anhidrade* (MAH)
6. Serbuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

### 3.3 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

#### 3.3.1 Variabel Tetap

- |                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1. NaOCl                           | :3,5 %                       |
| 2. Serbuk TKKS dan aquades         | : 1:10                       |
| 3. Aquades dan larutan NaOCl 3,5 % | : 1:1                        |
| 4. Xylen                           | : 100 ml                     |
| 5. Polypropylene (PP)              | : 50% dari pati dan selulosa |
| 6. Maleic anhidrade (MAH)          | : 1% dari volume xylen       |
| 7. Benzoil peroksida               | : 0,1 % dari volume MAH      |

#### 3.3.2 Variabel Bebas

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. Rasio/perbandingan | : (40:60, 50:50, 60:40)<br>( Selulosa : Pati) |
| 2. NaOH               | : 20%, 25%, 30%                               |

### 3.3.3 Variabel Terikat

1. Uji Tarik
2. Uji Biodegradabilitas
3. Uji Daya Serap Air
4. Uji FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)
5. Uji TGA (*Thermogravimetric Analysis*)

## 3.4 Prosedur Kerja

### 3.4.1 Milling Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

1. Siapkan tandan kosong kelapa sawit
2. Tandan kosong kelapa sawit dicuci dengan bersih
3. Tandan kosong kelapa sawit dikeringkan
4. Tandan kosong kelapa sawit yang sudah kering diblender menjadi serbuk TKKS
5. Serbuk TKKS diayak menggunakan ayakan 60 mesh sehingga menghasilkan serbuk TKKS yang lebih halus

### 3.4.2 Ekstraksi Selulosa

#### 3.4.2.1 Pre-Delignifikasi

1. Serbuk TKKS ditambah aquades 1:10
2. Setelah diaduk dan tercampur kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C selama 3 jam.
3. Setelah dipanaskan refluk disaring untuk didapatkan padatan
4. Selanjutnya refluk dioven dengan suhu 100 °C dengan waktu 60 menit hingga kering.

#### 3.4.2.2 Delignifikasi

1. Serbuk TKKS dilarutkan dalam NaOH 20%, 25% dan 30%
2. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 160°C selama 60 menit didalam autoklaf
3. Setelah itu refluk difiltrasi untuk mendapatkan padatan

4. Setelah itu padatan dicampur larutan NaOCl 3,5% berat dan aquades (perbandingan aquades dan larutan NaOCl 3,5% berat artinya 1:1) dididihkan selama 10 menit
5. Setelah itu penyaringan, pencucian, dan dioven dengan suhu 121°C sampai kering
6. Terakhir hasil yang didapat berupa serbuk kering alpha-selulosa

#### 3.4.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

1. Ditambahkan 100 ml xylen ke dalam 50 gram polipropena, lalu dimasukkan malaik anhidrat 1 % dari volume xylen setelahnya benzoil peroksida 0,1 % dari berat MAH.
2. Diaduk sampai homogen pada suhu 70°C untuk menghasilkan PP-gMA.
3. Pemanasan dan pencampuran antara alpha-selulosa 40%, 50% dan 60%, Pati sagu 60%, 50% dan 40% serta PP-gMA diaduk merata.
4. Kemudian dicetak menggunakan hot press selama 10 menit dengan suhu 165°C
5. Plastik diuji untuk mengetahui karakteristik yaitu uji FTIR, uji TGA, uji tarik, uji daya serap air dan uji biodegradabilitas.

### 3.5 Prosedur Analisa

Adapun prosedur analisa yang dilakukan padam pembuatan plastik biodegradable diantaranya adalah :

#### 3.5.1 Analisa Mekanis

Uji kekuatan tarik (*tensile strength*) dan pemanjangan saat putus (elongation at break) ASTM D882

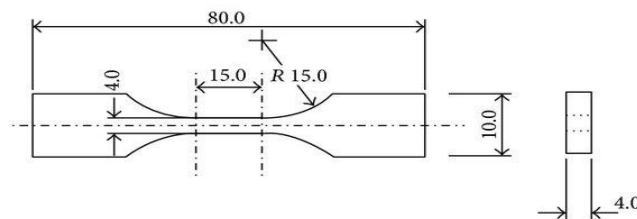
1. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dikondisikan dalam ruang dengan suhu kelembaban relative standar ( $23 \pm 2$  °C) selama 24 jam.
2. Sampel akan diuji dipotong sesuai standar
3. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung dijepit pada mesin penguji *tensile*.
4. Selanjutnya dicatat panjang awal dan ujung tinta pencatat diletakkan pada posisi 0 pada grafik.

5. Knop start dinyalakan dan alat akan menarik sampel yang putus dan dicatat gaya kuat tarik (F) dan panjang setelah putus.

Tabel 3. 2 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm(in))
Ketebalan <7mm , T	3,00 ± 0,4 (0,11 ± 0,02)
Lebar, W	15 (0,59)
Panjang,L	100 (3,937)

(Sumber: ASTM,2002)



Gambar 3. 1 Spesimen Uji Tarik (ASTM D882)

#### Prosedur Uji *Modulus Young* ASTM D882

Uji *Modulus Young* didasarkan pada uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan pada saat putus.

1. Diperoleh data nilai kekuatan tarik dari hasil pengujian
2. Diperoleh data nilai perpanjangan pada saat putus dari hasil pengujian.
3. Ditentukan nilai *Modulus Young* berdasarkan nilai kekuatan tarik dan perpanjangan pada saat putus dari data yang diperoleh.

Untuk mengetahui modulus young dari sampel plastik maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Modulus Young (Mpa)} = \frac{\text{Kekuatan Tarik}}{\text{Pemanjangan saat putus}/100} \dots\dots\dots(3.1)$$

### 3.5.2 Analisa Biodegradabilitas

Analisa biodegradabilitas dilakukan mengikuti acuan ASTM G-21-70 menggunakan metode pengontakan langsung bioplastik dengan tanah (Nurfitasari, 2018).

1. Dipotong sampel bioplastik dengan ukuran 2 x 2 cm pada sembilan sampel bioplastik
2. Ditimbang sampel menjadi massa awal (M<sub>0</sub>).
3. Dimasukkan sampel pada tanah yang digali sedalam 30 cm selama 16 hari.
4. Diangkat sampel dan dibersihkan menggunakan kuas dari residu tanah yang menempel.
5. Ditimbang kembali sampel menjadi massa akhir (M<sub>1</sub>).
6. Biodegradabilitas bioplastik dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Biodegradabilitas (\%)} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

### 3.5.3 Daya Serap Air

1. Sampel bioplastik dipotong menggunakan ukuran 2 x2 cm.
2. Ditimbang menjadi massa awal (W<sub>0</sub>).
3. Kemudian dimasukkan kedalam gelas berisi aquades selama 10 detik
4. Kemudian diangkat dan diletakkan diatas kertas saring.
5. Timbang kembali massa bioplastik (W<sub>1</sub>).
6. Buat menghitung daya serap air memakai rumus (2.1)

### 3.5.4 Analisa FTIR (Fourier Trasform Infra Red)

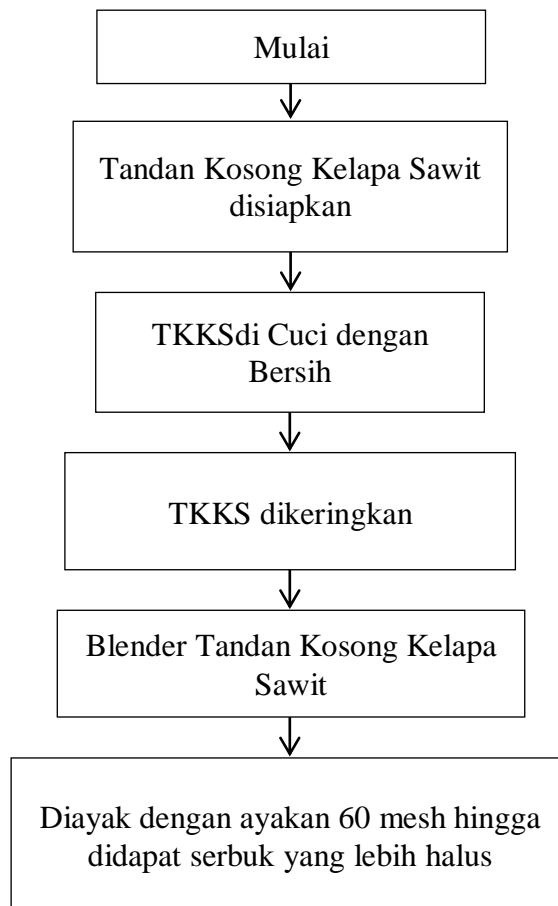
1. Plastik di cetak lalu dikeringkan pada oven menjadi film tipis basah.
2. Kemudian film diseimbangkan pada kondisi ambient (60% RH).
3. Film yang sudah ditimbang lalu dijemur sampai menghasilkan film tipis kering.
4. Selanjutnya semua spektra film tipis dicatat didalam metode transmisi pada resolusi 4 cm<sup>-1</sup> dengan akumulasi 5 scan.

### 3.5.5 Analisa TGA (Thermogravimetric Analysis)

1. Sampel film plastik ditimbang dan dicatat beratnya
2. Kemudian disetimbangkan alat yang akan digunakan untuk uji termal
3. Setelah itu suhu alat dinaikkan dari 30°C ke 600°C, lalu pemanasan yang digunakan sebesar 10°C/menit dalam atmosfer terkontrol.
4. Kemudian hasil analisis dicatat.

## 3.6 Diagram Alur Penelitian

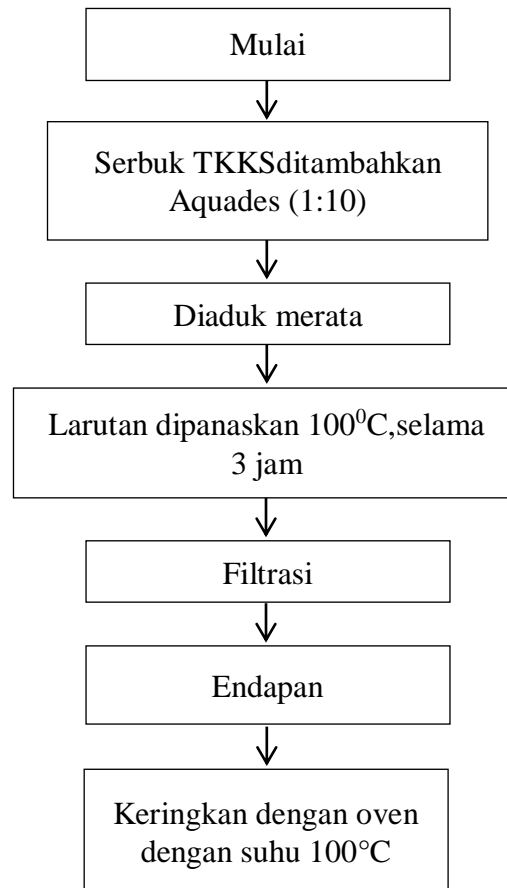
### 3.6.1 Milling Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)



Gambar 3. 2 Diagram Alir Milling TKKS

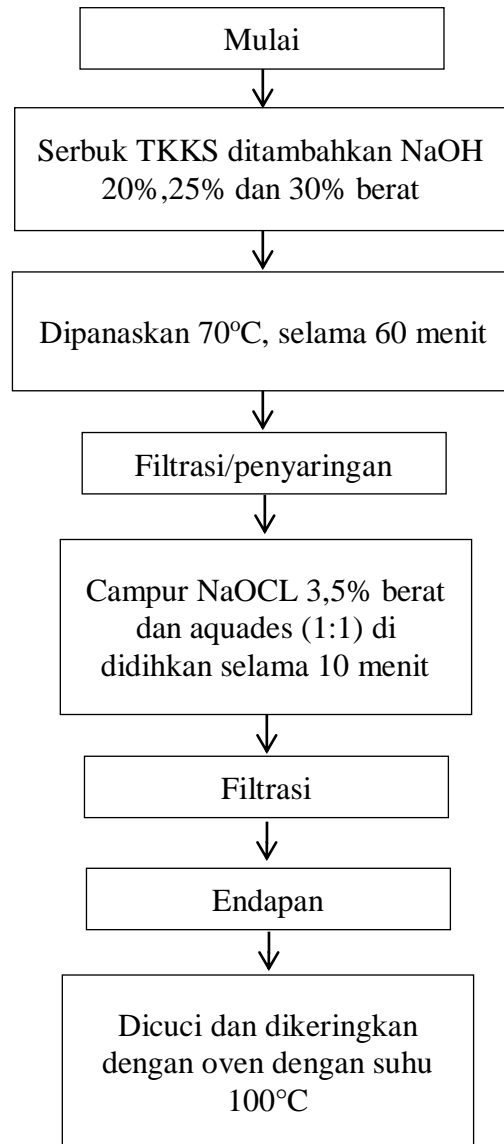
### 3.6.2 Ekstraksi Tandan Kosong Kelapa Sawit

#### 3.6.2.1 Pre-Delignifikasi



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi

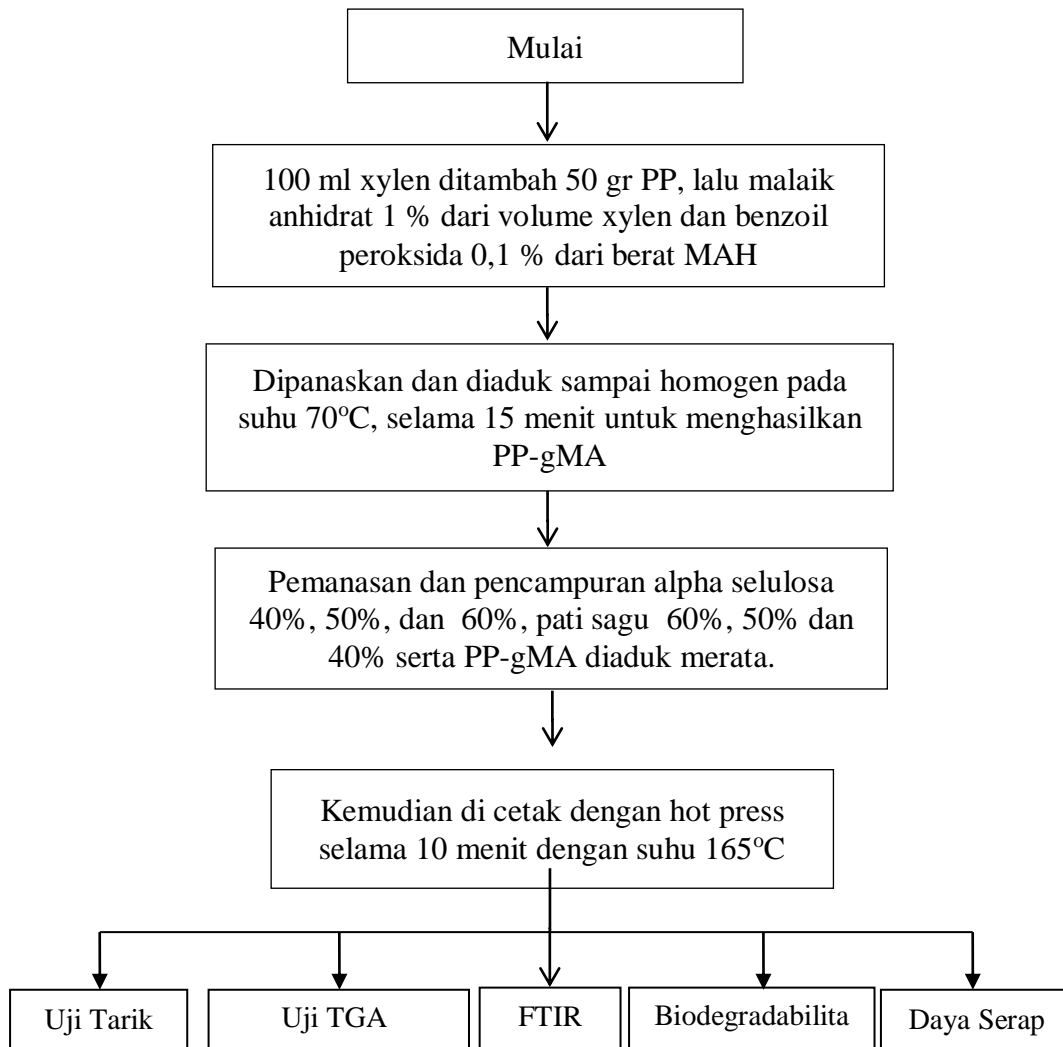
## 3.6.2.2 Delignifikasi



Gambar 3. 4 Diagram Alir Delignifikasi



### 3.6.3 Pembuatan Film Plastik Biodegradable



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

### 3.7 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Jadwal rencana pelaksanaan kegiatan penelitian yang dilakukan selama 5 bulan. Dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 3 Rencana Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Bulan				
	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Studi Literatur	■				
Pembuatan Selulosa		■			
Pembuatan Film Plastik		■			
Pengujian dan Pengambilan Data			■		
Pembuatan Laporan Hasil				■	
Seminar Hasil Sidang					■

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pembuatan plastik *biodegradable*, maka pada bab ini akan diuraikan hasil penelitian dan pembahasan tentang sintesis dan karakteristik bioplastik berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan pati sagu.

##### 4.1.1 Uji Kuat Tarik

Kuat tarik bioplastik dari selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah tarikan maksimum bioplastik yang dapat dicapai sebelum putus atau robek. Dari hasil pembuatan plastik *biodegradable* pada variasi NaOH 20%, 25% dan 30 % dengan perbandingan (40:60), (50:50) dan (60:40) dapat dilihat bahwa hasil kuantitatif yang terlihat maksimal untuk dilakukan uji tarik yaitu variasi NaOH 25%.

Uji kuat tarik pada plastik *biodegradable* dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Analisis Nilai Kuat Tarik

<b>Perbandingan Selulosa dan Pati</b>	<b>Uji Kuat Tarik (MPa)</b>	<b>Elongation (%)</b>	<b>Modulus Young (MPa)</b>
40 : 60	2,25	0,46 %	490,43
50 : 50	1,90	0,86 %	221,62
60 : 40	8,22	1,46 %	563,49

Tabel diatas menunjukkan hasil uji tarik plastik *biodegradable* pada variasi NaOH 25% dengan perbandingan selulosa TKKS, pati sagu (40:60), (50:50) dan (60:40). Pada tabel tersebut dapat dilihat kekuatan tarik paling tinggi berada pada bioplastik dengan perbandingan (60:40) yaitu sebesar 8,22 MPa, dengan nilai elongasi sebesar 1,46% . Sedangkan nilai uji tarik terendah terdapat pada bioplastik (50:50) yaitu sebesar 1,90 MPa dengan nilai elongasi 0,86%.

#### 4.1.2 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air pada plastik *biodegradable* dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Uji Daya Serap Air

No	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi Sampel	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Daya serap air (%)
A1	20	40 : 60	0,7431	0,9923	33,53
A2		50 : 50	0,7042	0,9022	28,11
A3		60 : 40	0,6901	1,0121	46,65
B1	25	40 : 60	0,4988	0,7442	49,19
B2		50 : 50	0,5544	0,7657	38,11
B3		60 : 40	0,9888	1,3918	40,75
C1	30	40 : 60	0,2555	0,3249	27,16
C2		50 : 50	0,5915	0,7852	32,74
C3		60 : 40	0,4822	0,6010	24,63

Keterangan :

A : NaOH 20%

B : NaOH 25%

A1 : Selulosa 40% : Pati 60%

B1 : Selulosa 40% : Pati 60%

A2 : Selulosa 50% : Pati 50%

B2 : Selulosa 50% : Pati 50%

A3 : Selulosa 60% : Pati 40%

B3 : Selulosa 60% : Pati 40%

C : NaOH 30%

C1 : Selulosa 40% : Pati 60%

C2 : Selulosa 50% : Pati 50%

C3 : Selulosa 60% : Pati 40%

Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian daya serap air terhadap variasi NaOH 20%, 25% dan 30% dengan perbandingan selulosa, pati(40:60), (50:50) dan (60:40). Film plastik dengan ketahanan terbaik terdapat pada film plastik dengan variasi NaOH 30% dengan perbandingan(60:40), dimana penyerapan air terjadi sebesar 24,63%. Sedangkan untuk film plastik yang memiliki sifat panyerapan air paling tinggi terdapat pada film plastik dengan variasi NaOH 25% dengan perbandingan(40:60) dimana penyerapan air sebesar 49,19%.

#### 4.1.3 Uji Biodegradabilitas

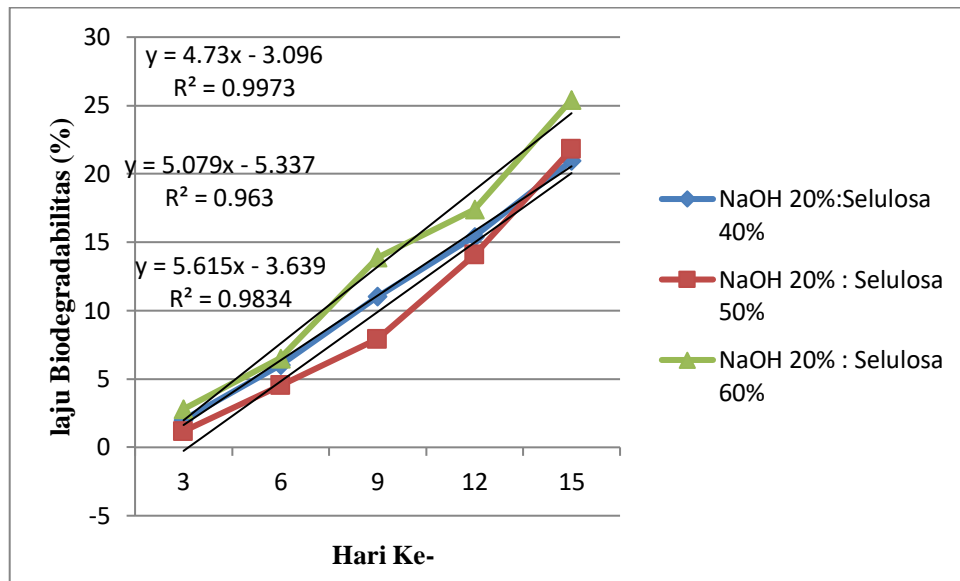
Uji biodegradabilitas pada plastik *biodegradable* dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Uji Biodegradabilitas

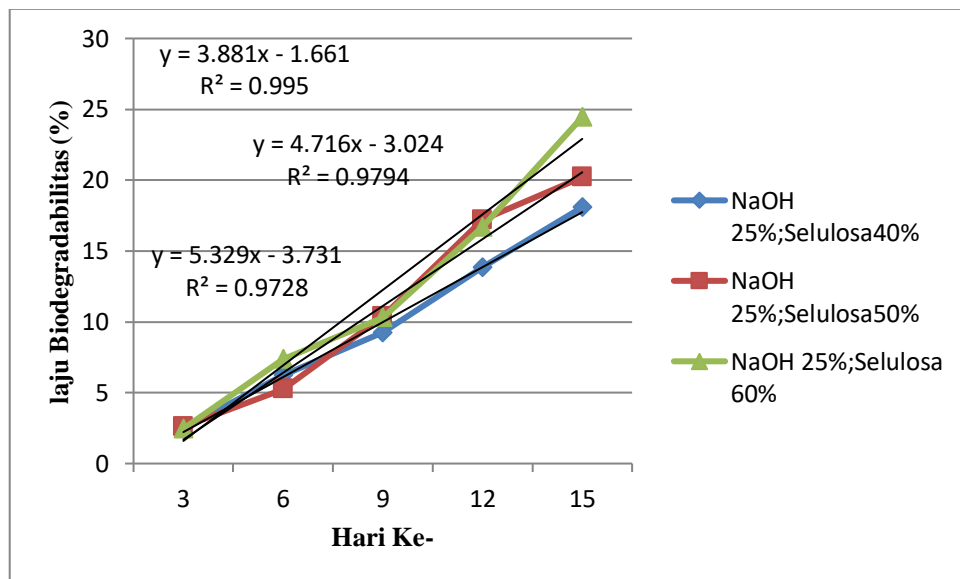
Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi Sampel	Persentase Kehilangan Berat Sampel				
			3	6	9	12	15
A1	20	40 : 60	2,02	6,02	11,04	15,42	20,97
A2		50 : 50	1,18	4,02	7,93	14,07	21,80
A3		60 : 40	2,80	6,51	13,89	17,40	25,43
B1	25	40 : 60	2,49	6,24	9,24	13,85	18,09
B2		50 : 50	2,60	5,25	10,37	17,19	20,21
B3		60 : 40	2,46	7,38	10,30	16,69	24,45
C1	30	40 : 60	2,55	9,63	12,06	17,33	20,87
C2		50 : 50	2,42	8,77	11,61	19,97	23,89
C3		60 : 40	3,18	6,20	10,62	19,69	24,53

Berdasarkan tabel 4.3 setelah dilakukan penanaman, sampel dengan tingkat degradasi terbaik ditunjukkan oleh sampel A3 dengan variasi NaOH 20% dengan perbandingan selulosa, pati(60:40) yang memiliki nilai sebesar 25,43%. Sedangkan sampel dengan tingkat degradasi terendah ditunjukkan oleh sampel B1 dengan variasi NaOH 25% dengan perbandingan (40:60) yaitu sebesar 18,09%.

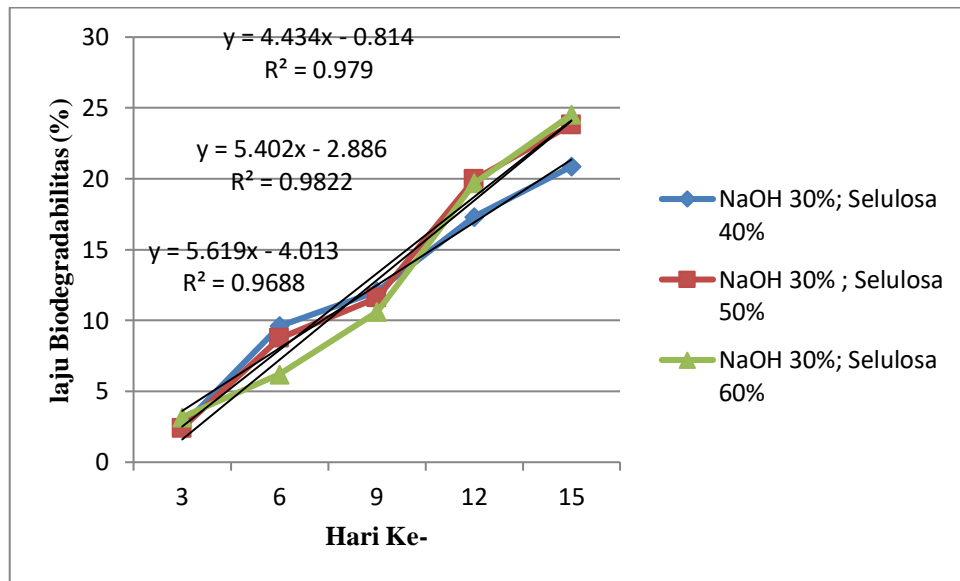
Rumus mencari data laju ekstrapolasi pada plastik *biodegradable* untuk mengetahui perkiraan penguraian plastik secara sempurna dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 1 Rumus Ekstrapolasi NaOH 20 %, Selulosa40%, 50% dan 60%.



Gambar 4. 2 Rumus Ekstrapolasi NaOH 25%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.



Gambar 4. 3 Rumus Ekstrapolasi NaOH 30%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.

Laju Ekstrapolasi pada plastik *biodegradable* untuk perkiraan penguraian plastik secara total dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Ekstrapolasi Plastik *Biodegradable*

Hari	Persentase kehilangan berat TKKS : Pati								
	NaOH 20%			NaOH 25%			NaOH 30%		
	40:60	50:50	60:40	40:60	50:50	60:40	40:60	50:50	60:40
3	2,02	1,18	2,80	2,49	2,60	2,46	2,55	2,42	3,18
6	6,02	4,02	6,51	6,24	5,25	7,38	9,63	8,77	6,20
9	11,04	7,93	13,89	9,24	10,37	10,30	12,06	11,61	10,62
12	15,42	14,07	17,40	13,85	17,19	16,69	17,33	19,97	19,69
15	20,97	21,80	25,43	18,09	20,21	24,45	20,87	23,89	24,53
18	25,28	25,13	30,05	21,62	25,27	28,24	25,79	29,52	29,70
21	30,01	30,21	35,66	25,50	29,98	33,57	30,22	34,92	35,32
24	34,74	35,29	41,28	29,38	34,70	38,90	34,65	40,33	40,93
27	39,47	40,37	46,89	33,26	39,42	44,23	39,09	45,73	46,55
30	44,20	45,45	52,51	37,14	44,13	49,55	43,52	51,13	52,17
33	48,93	50,53	58,12	41,03	48,85	54,88	47,96	56,53	57,79
36	53,66	55,61	63,74	44,91	53,56	60,21	52,39	61,93	63,41
39	58,39	60,69	69,35	48,79	58,28	65,54	56,82	67,34	69,03
42	63,12	65,76	74,97	52,67	63,00	70,87	61,26	72,74	74,65
45	67,85	70,84	80,58	56,55	67,71	76,20	65,69	78,14	80,27
48	72,58	75,92	86,20	60,43	72,43	81,53	70,13	83,14	85,89
51	77,31	81,00	91,81	64,31	77,14	86,86	74,56	88,94	91,51
54	82,04	86,08	97,43	68,19	81,86	92,19	78,99	94,35	97,12
57	86,77	91,16	100	72,07	86,58	97,52	83,43	99,75	100
60	91,50	96,24	-	75,95	91,29	100	87,86	100	-
63	96,23	100	-	79,84	96,01	-	92,30	-	-
66	100	-	-	83,72	100	-	96,73	-	-
69	-	-	-	87,60	-	-	100	-	-
72	-	-	-	91,48	-	-	-	-	-
75	-	-	-	95,36	-	-	-	-	-
78	-	-	-	99,24	-	-	-	-	-
81	-	-	-	100	-	-	-	-	-

Tabel diatas menunjukkan hasil laju ekstrapolasi pada NaOH 20%, 25% dan 30% dengan perbandingan selulosa, pati (40:60), (50:50) dan (60:40). Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa film plastik yang terdegradasi dengan cepat secara sempurna terdapat pada film plastik dengan variasi NaOH 20% dengan perbandingan(60:40) yaitu sekitar 57 hari. Sedangkan film plastik yang terdegradasi lebih lama terdapat pada film plastik dengan variasi 25% dengan perbandingan (40:60) yaitu sekitar 81 hari.

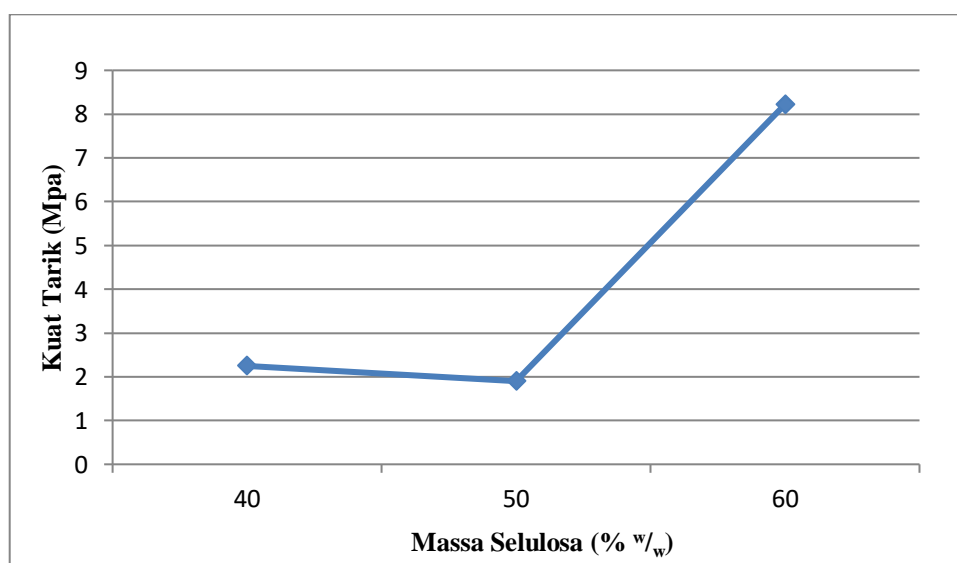


## 4.2 Pembahasan

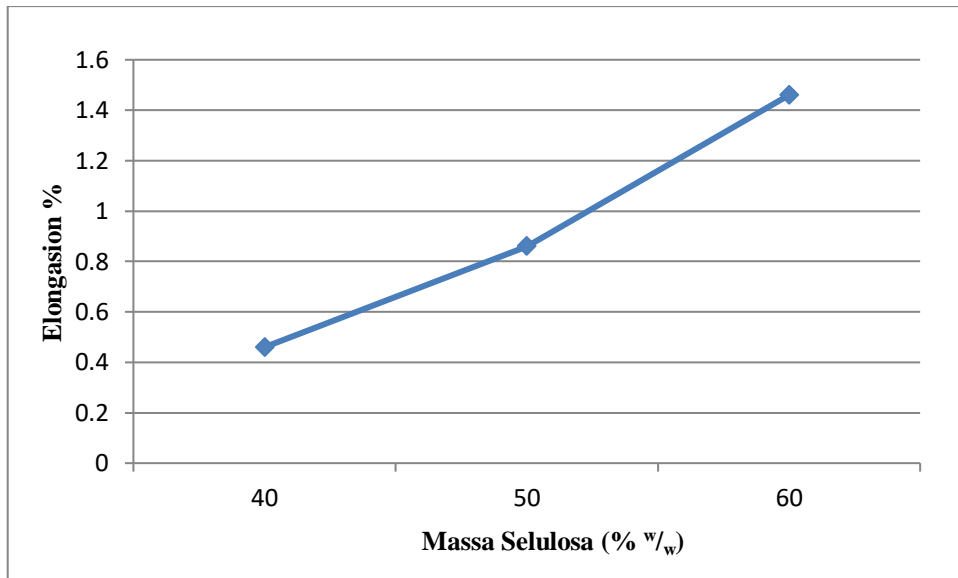
Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan hasil perkebunan kelapa sawit yang beratnya mencapai 23% dari berat tandan segar kelapa sawit. Dalam Tandan Kosong kelapa Sawit (TKKS) terdapat beberapa komponen penyusun yang dapat di ekstraksi dan dimanfaatkan menjadi produk lain yang lebih berharga. Salah satu komponen Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah selulosa. Selulosa merupakan bahan penyusun Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan presentase paling besar yaitu sekitar 30 – 40%.

### 4.2.1 Uji Kuat Tarik (*Tensile strength*)

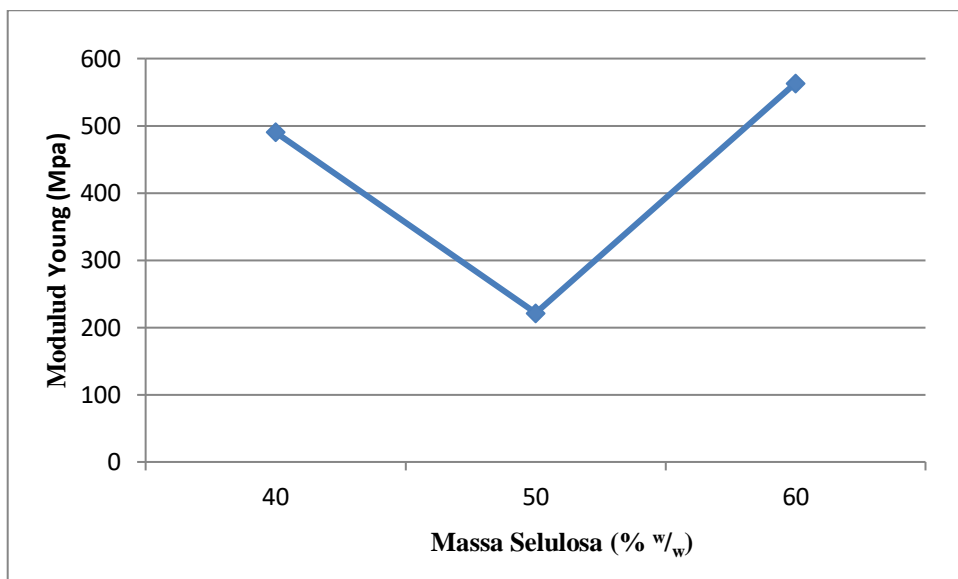
Uji tarik merupakan salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai plastik dapat tetap bertahan sebelum putus. Penelitian bioplastik berbahan dasar selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada variasi NaOH 20%, 25%, dan 30% dengan perbandingan selulosa, pati (40:60), (50:50), dan (60:40) dapat dilihat hasil kuantitatif yang terlihat maksimal untuk dilakukan uji tarik yaitu variasi NaOH 25%. Nilai *tensile strength*, *elongasion* dan *modulus young* bioplastik dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Kuat tarik pada massa selulosa (% w/w)



Gambar 4. 5 Elongasion pada massa selulosa (% w/w)



Gambar 4. 6 Modulus Young pada massa selulosa (% w/w)

Berdasarkan Gambar 4.4 diatas menunjukkan hasil kekuatan tarik paling tinggi berada pada bioplastik dengan perbandingan selulosa, pati(60:40) yaitu sebesar 8,22 MPa. Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan bahwa penambahan selulosa mampu meningkatkan kekuatan tarik film plastik pada variasi tertentu. Hal tersebut menunjukkan bioplastik dengan perbandingan selulosa, pati (60:40)

memiliki tingkat kuat tarik yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan (40:60) dan (50:50), dikarenakan campuran antara matrik dan filler lebih homogen pada saat proses grafting. Hasil pengujian uji tarik pada bioplastik dengan nilai terendah ditunjukkan pada bioplastik dengan perbandingan (50:50) yaitu sebesar 1,90 MPa, ini disebabkan proses yang terjadi tidak homogen yang mengakibatkan bioplastik tidak sempurna serta berpengaruh pada kekuatan tarik bioplastik. Film plastik yang tidak homogen disebabkan oleh kadar selulosa yang berlebihan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014 bioplastik harus memiliki nilai kuat tarik minimal 13,7 MPa, dari hasil penelitian nilai kuat tarik yang dihasilkan berkisar antara 1,90 MPa – 8,22 MPa yang berarti belum memenuhi Standar Nasional Indonesia. Menurut *Japanees Internasional Standard* (JIS-Z-1707:1975) nilai kuat tarik minimal sebesar 3,92 MPa dan diperoleh hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai sudah memenuhi standar minimum.

Kadar selulosa yang terlalu banyak akan menyebabkan film plastik semakin tidak homogen. Ketidakhomogen berakibat pada tidak sempurnanya proses yang terjadi, sehingga ikatan yang terjadi antara pati, selulosa dan polipropena tidak kuat. Ikatan antar komponen penyusun sangat berpengaruh pada kekuatan tarik film plastik dan juga ikatan ini mengurangi kebebasan partikel pati, selulosa, dan polipropena untuk berpindah dan bergeser sehingga menurunkan %Elongasi, hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Hananto Wisnu Sulityo, Ismiyati,2012).

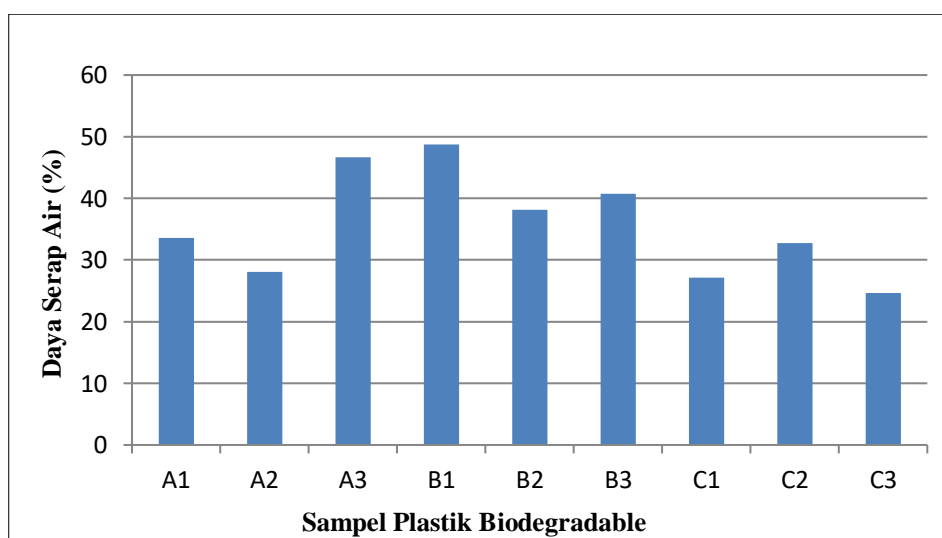
Gambar 4.5 menunjukkan nilai *elongasion* dengan adanya penambahan selulosa pada sampel bioplastik. Pada pengujian ini hasil analisa *elongasion* tertinggi pada penambahan panjang terdapat pada bioplastik dengan perbandingan selulosa (60:40) yaitu sebesar 1,46 %. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) bioplastik harus memiliki nilai kemuluran 400% - 1200%, dari hasil pengujian nilai kuat tarik yang dihasilkan dibawah dari nilai Standar Nasional Indonesia (SNI).

Gambar 4.6 menunjukkan nilai *Modulus Young* massa selulosa pada sampel bioplastik. Pada gambar terlihat bahwa nilai *modulus young* tertinggi

berada pada bioplastik dengan perbandingan(60:40) yaitu sebesar 563,49 MPa. Penambahan massa selulosa dan pati dapat meningkatkan nilai modulus young. Namun saat penambahan massa selulosa, pati pada perbandingan (50:50), *modulus young* kembali menurun. Hal ini disebabkan oleh ketidak homogen pada sampel bioplastik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yuli Darmi, dkk, 2014).

#### 4.2.2 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air bertujuan untuk mengetahui batas kemampuan boplastik, dalam menyerap air sampai batas maksimal. Ketahanan air pada biodegradable dinamakan dengan uji swelling, yaitu kadar pengembangan biodegradable dalam penyerapan terhadap air. Dari hasil perhitungan daya serap air yang dihasilkan berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian data diplotkan dalam bentuk grafik maka perbandingan dapat dilihat pada gambar berikut. Adapun grafik uji daya serap air dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4. 7 Pegaaruh jumlah delignifikasi dan selulosa terhadap nilai daya serap air

Keterangan :

A : NaOH 20%

B : NaOH 25%

A1 : Selulosa 40% : Pati 60%

B1 : Selulosa 40% : Pati 60%

A2 : Selulosa 50% : Pati 50%

B2 : Selulosa 50% : Pati 50%

A3 : Selulosa 60% : Pati 40%

B3 : Selulosa 60% : Pati 40%

C : NaOH 30%

C1 : Selulosa 40% : Pati 60%

C2 : Selulosa 50% : Pati 50%

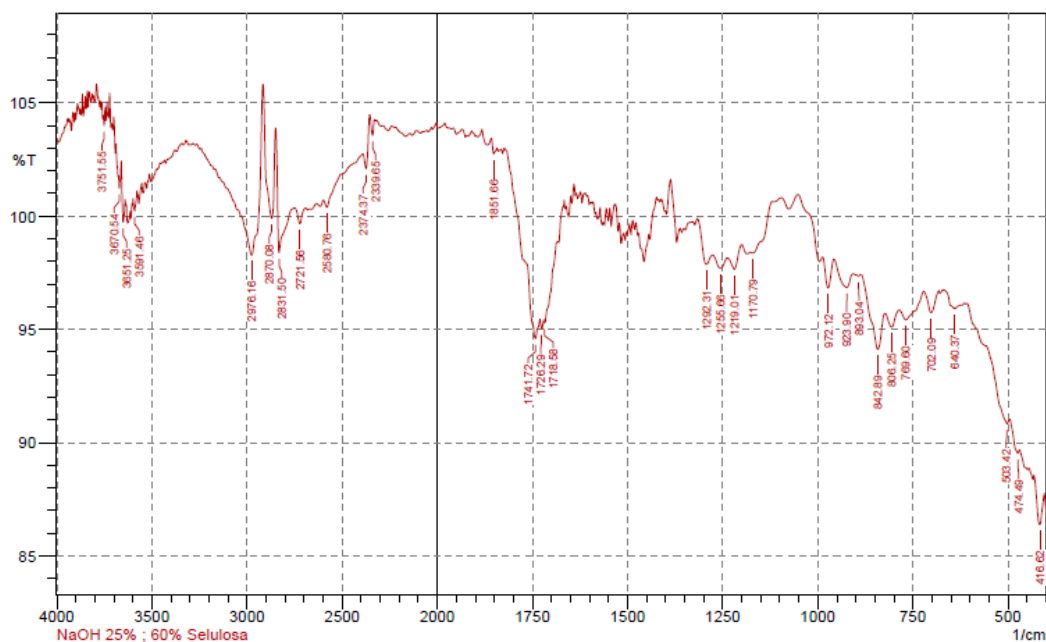
C3 : Selulosa 60% : Pati 40%

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian daya serap air terhadap variasi NaOH 20%, 25% dan 30% dengan perbandingan selulosa, pati (40:60), (50:50) dan (60:40). Film plastik dengan ketahanan terbaik terdapat pada film plastivariasi NaOH 30% dengan perbandingan (60:40), dimana penyerapan air terjadi sebesar 24,63%. Sedangkan untuk film plastik yang memiliki sifat panyerapan air paling tinggi terdapat pada film plastik variasi NaOH 25% dengan dengan perbandingan selulosa, pati(40:60) dimana penyerapan air sebesar 49,19%. Semakin tinggi kemampuan bioplastik menyerap air maka semakin rendah kualitas dari bioplastik tersebut.

Hasil ini dapat dilihat bahwa kombinasi selulosa, pati sago serta polipropena mampu meningkatkan ketahanan air pada bioplastik dengan formulasi tertentu. Namun ada faktor lain yang mempengaruhi hasil daya serap air yaitu ketebalan dari sampel bioplastik yang berbeda-beda yang disebabkan oleh proses pencetakan sampel bioplastik yang kurang merata, serta pengaruh dari proses pengadukan larutan sampel yang tidak homogen menyebabkan larutan yang tidak larut sempurna menyebabkan plastik yang dihasilkan tidak sempurna. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Intan M.P. Dewi,2021).

### 4.2.3 Gugus Fungsi (FTIR)

Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dilakukan untuk mengidentifikasi adanya gugus-gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi yang terdapat dalam sampel. Dari hasil pembuatan plastik *biodegradable* pada variasi 20%, 25% dan 30% dengan perbandingan selulosa, pati (40:60), (50:50) dan (60:40), dapat dilihat hasil kuantitatif yang terlihat maksimal untuk dilakukan uji FTIR yaitu variasi NaOH 25% dengan perbandingan (60:40). Adapun spectrum infrared dari plastik *biodegradable* dari selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan pati sagu dengan penambahan *polypropilene* dengan variasi NaOH 25% dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut:



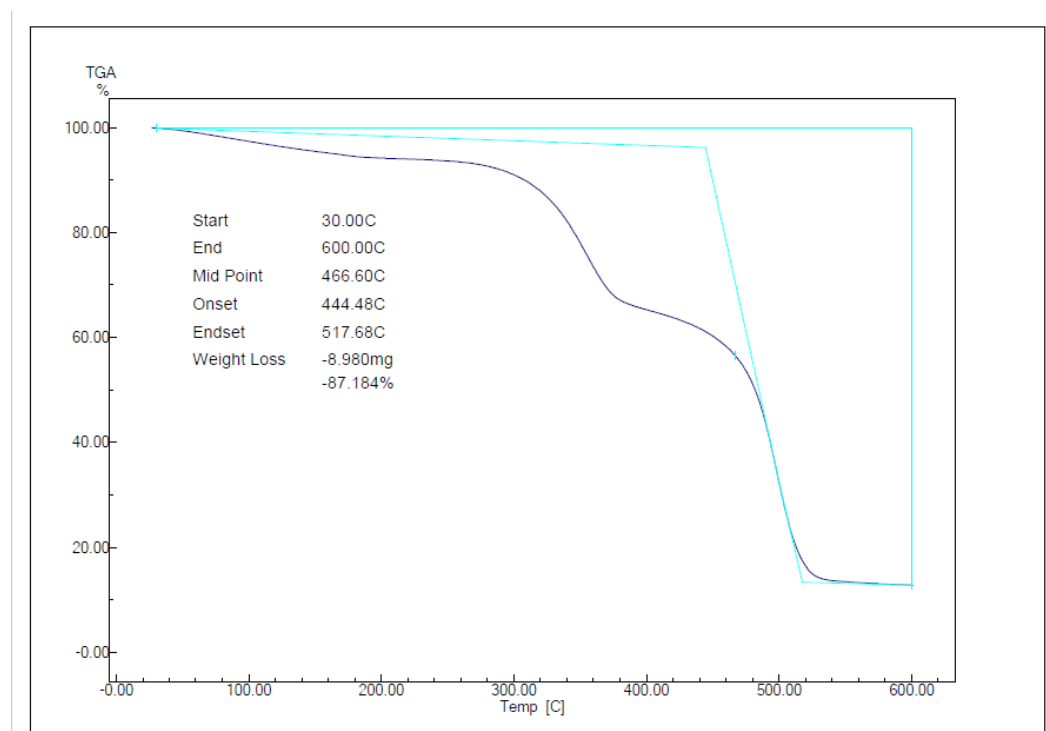
Gambar 4. 8 Grafik analisa FTIR

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa terdapat dua puncak serapan tajam yaitu  $2976.16 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $2870.08 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan uluran dari gugus C-H dari gugus  $\text{CH}_2$  berasal dari amilosa dan gugus polimer polipropilen. Pada gambar tersebut terdapat vibrasi ulur gugus  $-\text{OH}$  pada sampel ditunjukkan pada bilangan gelombang  $3591.46 \text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menandakan bahwa pada pati termoplastik dari pati sagu serta selulosa terdapat terdapat gugus hidroksil  $-\text{OH}$  yang lebih bebas

disebabkan oleh berkurangnya atom-atom yang dapat diberikan hidrogen. Selain itu juga terdapat bilangan gelombang gugus CO *bending* pada proses puncak serapan pada bilangan gelombang  $1718.58\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan proses grafting pada ikatan selulosa, pati, dan polipropena yang sudah terikat silang. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Tengku, 2017).

#### 4.2.4 Analisa Thermogravimetric Analysis (TGA)

Uji TGA digunakan untuk menentukan kemurnian sampel, dekomposisi, degradasi termal, reaksi kimia yang melibatkan perubahan berat bahan karena adsorpsi, desorpsi dan kinetika kimia. TGA adalah teknik pengukuran menggunakan variasi berat sebagai fungsi suhu pemanasan. Karakterisasi ini digunakan untuk menentukan kehilangan berat (*weight loss*) atau peningkatan berat sampel (*gas fixation*). Hasil TGA dapat dilihat pada gambar 4.9



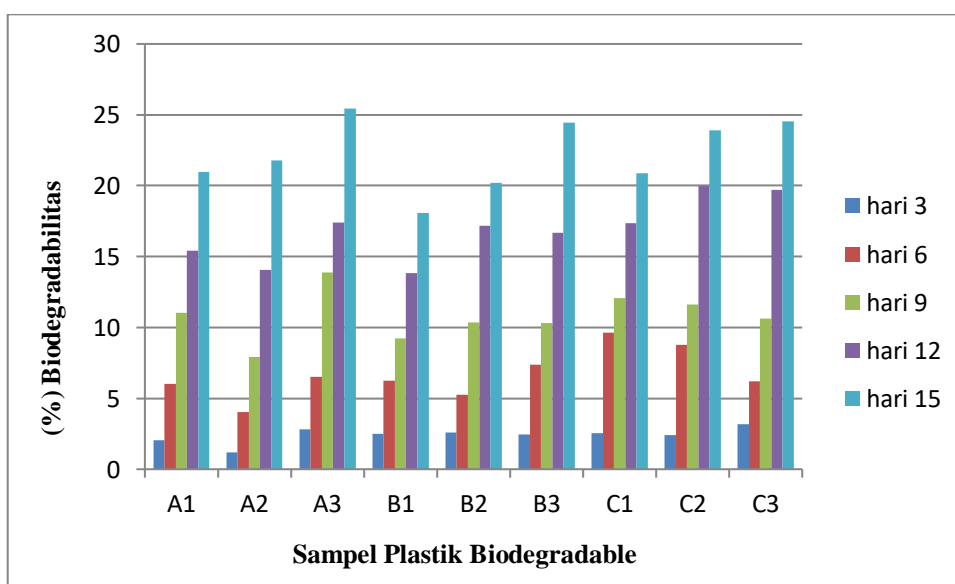
Gambar 4. 9 Grafik Thermal TGA

Hasil pengujian TGA pada sampel NaOH 25% dengan perbandingan selulosa, pati(60:40) dapat dilihat pada gambar 4.9 Kurva TGA merupakan plot

dari % penurunan massa pada sumbu y dan peningkatan temperatur pada sumbu x. Gambar 4.9 menunjukkan pada suhu termal telah mengalami proses endotermik karena terjadinya pembentukan antara pati, NaOH, selulosa dan polipropena dari bahan yang digunakan bioplastikselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit manunjukkan terjadinya penuruunan massa (dekomposisi) pada sampel yang dimulai secara perlahan pada suhu 30.00°C. Pada suhu ini kehilangan berat di akibatkan oleh kontaminan dan bahan tambahan lain yang terkandung dalam bioplastik. Kehilangan berat secara ekstrim dimulai pada suhu 444.48 °C sampai 517.68 °C. Pada kondisi ini sebagian besar bahan terkomposisi dan habis total pada suhu 600 °C. Total *wight loss* untuk sampel yaitu 87.184%.

#### 4.2.5 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas atau kemampuan biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan atau persentase kehilangan berat pada plastik. Bioplastik yang memiliki biodegradabilitas yang buruk maka akan berfungsi merusak lingkungan dan tidak berbeda dengan plastik biasa yang saat ini sudah beredar luas di masyarakat. Pengujian biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan bioplastik hingga terurai (waktu degradasi sempurna).



Gambar 4. 10 Laju Terdegradasi



Berdasarkan gambar diatas hasil uji biodegradabilitas dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4. 5 Hasil uji biodegradabilitas

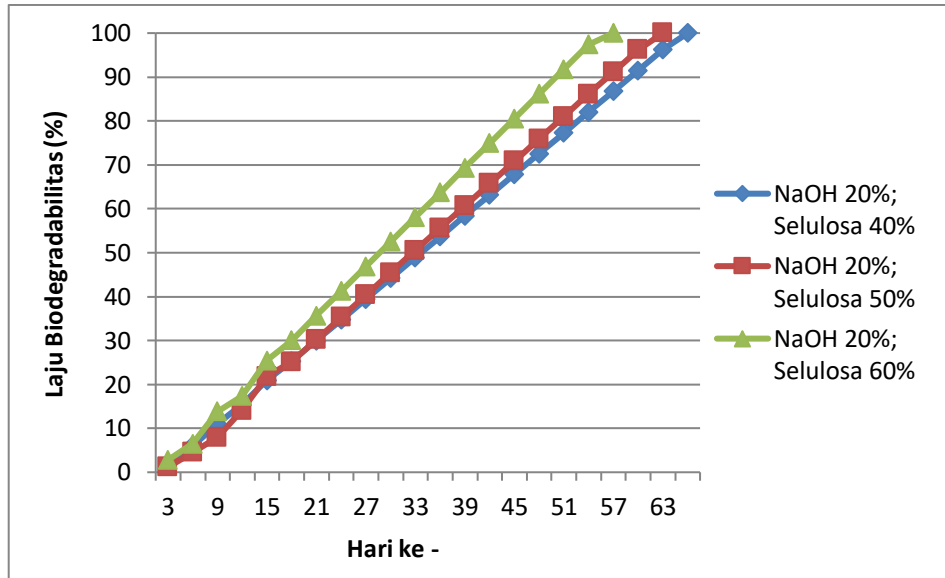
Sampel	Konsentrasi NaoH (%)	Komposisi Sampel	Persentase Kehilangan Berat Sampel				
			3	6	9	12	15
A1	20	40 : 60	2,02	6,02	11,04	15,42	20,97
A2		50 : 50	1,18	4,02	7,93	14,07	21,80
A3		60 : 40	2,80	6,51	13,89	17,40	25,43
B1	25	40 : 60	2,49	6,24	9,24	13,85	18,09
B2		50 : 50	2,60	5,25	10,37	17,19	20,21
B3		60 : 40	2,46	7,38	10,30	16,69	24,45
C1	30	40 : 60	2,55	9,63	12,06	17,33	20,87
C2		50 : 50	2,42	8,77	11,61	19,97	23,89
C3		60 : 40	3,18	6,20	10,62	19,69	24,53

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa laju reaksi biodegradabilitas (%) bioplastik dapat dipengaruhi oleh penambahan selulosa, pati, serta polipropena yang digunakan. Penanaman sampel dilakukan selama 15 hari dengan pengamatan tiga hari sekali. Setelah dilakukan penanaman, sampel dengan tingkat degradasi terbaik ditunjukkan oleh sampel dengan variasi NaOH 20% dengan perbandingan selulosa, pati(60:40) yang memiliki nilai sebesar 25,43%.

Pada penelitian Behjat,dkk., (2009) menyatakan bahwa semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat plastik tersebut terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah selulosa, karena selulosa merupakan bahan alam yang dapat terdegradasi di alam karena aktifitas mikroba yang berasal dari tanah. Kadar selulosa yang terlalu banyak bisa menyebabkan film plastik semakin tidak homogen. Ketidakhomogen berakibat pada tidak sempurnanya proses yang terjadi, sehingga ikatan yang terjadi antara pati, selulosa, dan polipropena tidak kuat.

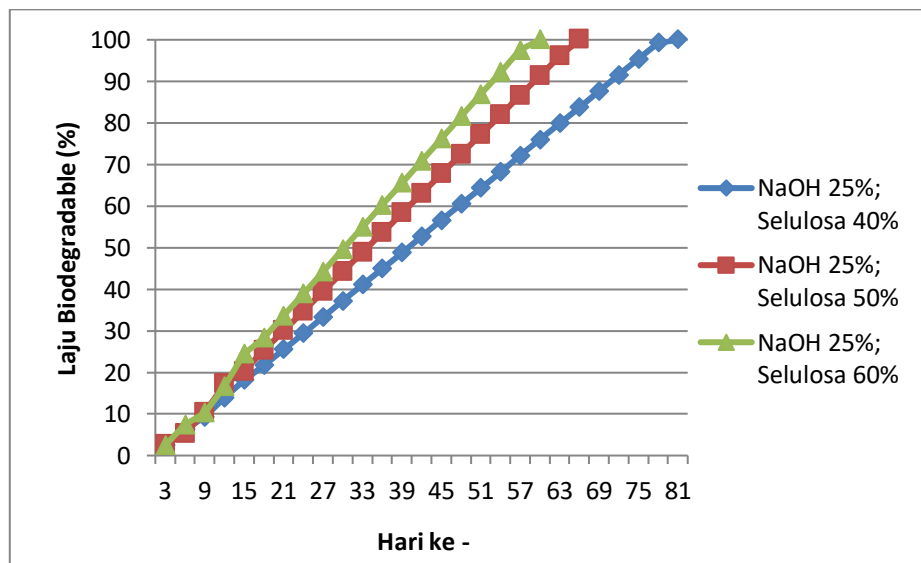
Laju ekstrapolasi dapat dilihat perkiraan terdegradasi plastik secara sempurna, untuk melihat waktu sampel terdegradasi maka digunakan rumus pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3. Hasil laju eksrapolasi pada plastik *biodegradable* untuk

perkiraan penguraian plastik secara sempurna dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



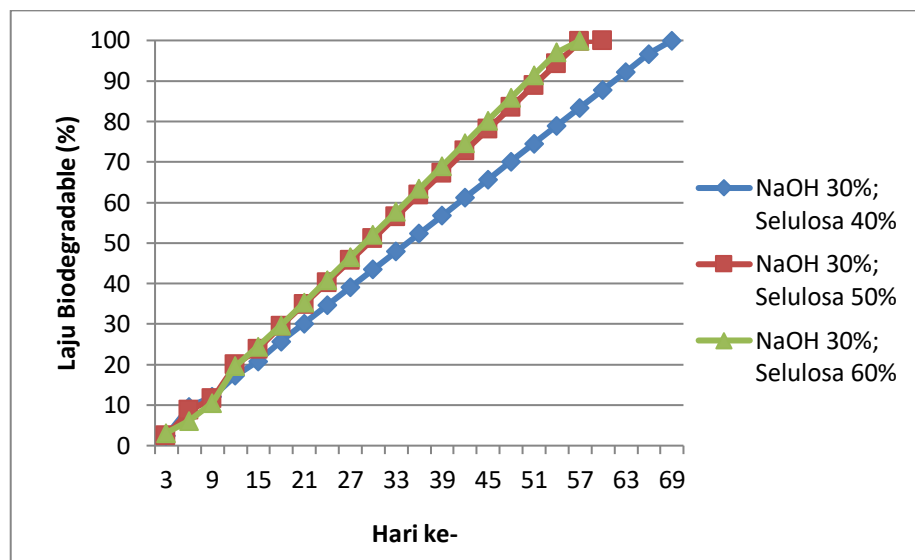
Gambar 4. 11 Laju Ekstrapolasi pada NaOH 20%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.

Gambar 4.11 menunjukkan hasil laju ekrtapolasi pada NaOH 20% dengan perbandingan selulosa, pati(40:60), (50:50) dan (60:40). Dari hasil ekstrapolasi dapat dilihat perkiraan terdegradasi plastik biodegradable secara sempurna yaitu sekitar 57-66 hari.



Gambar 4. 12 Laju Ekstrapolasi pada NaOH 25%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.

Gambar 4.12 menunjukkan hasil laju ekstrapolasi pada NaOH 25% dengan perbandingan selulosa, pati(40:60), (50:50) dan (60:40). Dari hasil ekstrapolasi dapat dilihat perkiraan terdegradasi plastik biodegradable secara sempurna yaitu sekitar 60-81 hari.



Gambar 4. 13 Laju Ekstrapolasi pada NaOH 30%, Selulosa 40%, 50% dan 60%.

Gambar 4.13 menunjukkan hasil ekstrapolasi pada variasi NaOH 30% dengan perbandingan selulosa, pati(40:60), (50:50) dan (60:40). Hasil diatas dapat dilihat perkiraan terdegradasi secara sempurna sekitar 57-69 hari.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai uji tarik terbaik ditunjukkan pada sampel plastik dengan perbandingan selulosa, pati (60:40) yaitu sebesar 8,22 MPa serta *modulus young* yaitu 563,49 MPa.
2. Uji daya serap air terbaik terdapat pada film plastik dengan variasi NaOH 30% dengan perbandingan selulosa, pati (60:40) penyerapan air terjadi sebesar 24,63%. Serta uji biodegradabilitas sampel dengan tingkat degradasi terbaik ditunjukkan oleh sampel dengan variasi NaOH 20% dengan perbandingan selulosa, pati (60:40) yang memiliki nilai sebesar 25,43%.
3. Karakterisasi FTIR menunjukkan penambahan massa selulosa pada variasi NaOH 25% dengan perbandingan selulosa, pati (60:40), menunjukkan gugus C-H dari gugus CH<sub>2</sub> pada bilangan gelombang yaitu 2976.16 cm<sup>-1</sup>, dan 2870.08 cm<sup>-1</sup>. Gugus -OH pada sampel ditunjukkan pada bilangan gelombang 3591.46 cm<sup>-1</sup>. Gugus CO *bending* pada proses puncak serapan pada bilangan gelombang 1718.58 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan proses grafting pada ikatan selulosa, pati, dan polipropena yang sudah terikat silang.
4. Pada uji TGA dari sampel plastik NaOH 25% dengan perbandingan selulosa, pati (60:40), kehilangan berat secara ekstrim pada suhu 444.48 °C sampai 517.68 °C. Pada kondisi ini sebagian besar bahan terkomposisi dan habis total pada suhu 600 °C. Total *wight loss* untuk sampel yaitu 87.184%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pembuatan bioplastik tanpa adanya polipropilena untuk mengetahui mutu produk serta dilakukan perbandingan terhadap plastik konvensional. Penambahan bahan-bahan lain untuk menambah kualitas plastik *biodegradable* juga sangat disarankan demi pengembangan kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, Fetty. 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan *Plastic Biodegradable* dari Biji Nangka. Skripsi. Jurusan Kimia. Universitas Negeri Semarang.
- Anonim 1. 2006. *Biopolymers and Plastik biodegradables*. Diakses dari: <http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=790> (Tanggal akses: 26 Agustus 2010)
- Ardiansyah, R. (2011). Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable*. Depok: Universitas Indonesia.
- Arif, Z. 2012. Respon Parking Bumper Bahan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik Dan Dinamik (Simulasi Numerik). Universitas Sumatera Utara.
- Austin, G.T., 1985, Industri Proses Kimia Edisi Kelima, Hal 175-186, Jakarta : Penerbit Erlangga
- Aziz A.A., M. Husin and A. Mokhtar. 2002. Preparation of cellulose from oil palm empty fruit bunches via ethanol digestion: effect of acid and alkali catalyts. *Journal of Oil Palm Research* 14(1):9-14.
- Azmin, S. N. H. M., dkk. 2020. *Development and characterization of food packaging bioplastic film from cocoa pod husk cellulose incorporated with sugarcane bagasse fibre*. Jurnal Bioresources dan Bioproducts.
- Bambang Wahyudi, Muhamad Bahrul Hikmah Kasafir, Moch. Rokhmat Taufiq Hidayat, 2020. “*Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Talas Dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*”. Jurusan Teknik Kimia FT UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Behja, T., Rusly, A.R., Luqman, C.A., Yus, A.Y., & Azwa I.N (2009). Effect of PEG on the Bidegradability Studies of Kenaf Cellulose-Polyethylene Composites. *International Food Research Journal*.
- Bouredja, N., Mehdadi, Z. & Bouredja, M., 2015. Extraction Of The Cellulose And The Biometrics Of The Fibers Of The Pods Of *Retamamonosperma* ( L .). Boissgrowingin Natural Conditions In The Algerian Western Coast. *International Journal of Biosciences*, 6(10), pp.31–38.

- Chafid, A dan G. Kusumawardhani, 2010. Modifikasi Tepung Sagu Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim A-Amylase. [Skripsi]. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang. 41 hal
- Darni Y. dan Herti Utami, 2010, “Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum”, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4): 88-93.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components. *Biotechnology and Bioengineering*. Vol. XXIII. Pp. 2167-2170.
- Dian Purwitasari Dewanti (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Gedung 820 Geostek. Tangerang Selatan.
- Fan, L.T., Y.H. Lee, dan M.M.Gharpuray. 1982. *The Nature of Lignocellulosics and Their Pretreatment for Enzymatic Hydrolysis*. *Adv. Biochem. Eng.* 23: 158 – 187.
- H. Chen, “Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice,” Springer Sci. Bus. Media, 2014.
- Hananto Wisnu Sulityo, Ismiyati, 2012, pengaruh formulasi pati singkong-selulosa terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas pada pembuatan bioplastik
- Harvey, David., (1956), *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw-Hill Comp.
- Haryati, S., Rini, A. S., Safitri, Y., 2017. Pemanfaatan Biji Durian sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Giserol dan Bahan Pengisi CaCO<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Kimia* No. 1, Vol. 23
- Holtzapple., Mark, M., Nathan, W., Charles, D., Bruce, E., Richard, L., Y. Y., Ladisch, M. 2003. Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Journal*. Purdue University.
- Hutomo, G.S. et al., 2012. Ekstraksi Selulosa Dari Pod Husk Kakao Menggunakan Sodium Hidroksida. *Agritech*, 32(3), pp.223–229.
- I Dewa Gede Agung Wiradipta, 2017. Pembuatan plastik biodegradable berbahan dasar selulosa dari tongkol jagung.
- Intandiana, Sinda, Akbar Hanif Dawam, Yus Rama Denny, Rahmat Firman Septiyanto dan Isriyanti Affifah. (2019). Pengaruh Karakteristik Bioplastik

Pati Singkong Dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobitas. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan*.

- Jackson, J.K., Letchford, K., Wasserman, B.Z., Ye, L., Hamad, W.Y., dan Burt, H.M. (2011), *The Use Of Nanocrystalline Cellulose For The Binding and Controlled Release Of Drugs*. *International Journal Of Nanomedicine*. 6: 321-330.
- Lubis, A Gana, S Maysarah, M H S Ginting, and M B Harahap, 2018. Production of bioplastic from jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (*Theobroma cacao L.*) using glycerol as plasticizer.
- Malik Arif Rojtica, 2021. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu –Kitosan-Gliserol.
- Meredith, G.G. 2000. *Kewirausahaan: Teori dan Praktik*. Jakarta: Pustaka Binaman Presindo
- Nina Hartati, Tetty K, Komar S, Obie F. (2019). *Kompatibilitas Nanokristal Selulosa Termodifikasi Setermonium Klorida (CTAC) dalam Matriks Poliasam Laktat sebagai Material Pengemas*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nur Rizqi Fattah Lubis, Rozanna Dewi, Sulhatun (2022). *Biofoam Berbahan Pati Sagu Dengan Penguat Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Kemasan Makanan Dengan Metode Thermopressin*.
- Nurfitasari. 2018. *Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Gelatin Terhadap Kualitas Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati Biji Nangka (Artocarpus Heterophyllus)*. Skripsi. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int. Microbiol.* 5:53-63.
- Praycelia Marissa Miranda, G.P. Ganda Putra, Lutfi Suhendra, 2020. *The Characteristic of the Extract of Pod Husk of Cocoa (Theobroma cacao L.) as a Source of Antioxidants on Solvent Concentration and Particle Size*.
- Purwani, E.Y., Widaningrum, R., Thahir, H. dan Muslich. 2006. Effect of moisture treatment of sago starch on its noodle quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, vol. 7 (1) : 8-14.



- Putera, R. D. H. 2012. Rekayasa Biopolimer dari Limbah Pertanian Berbasis Selulosa dan Aplikasinya Sebagai Material Separator. *Disertasi*. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Putu Widya Sena, G.P. Ganda Putra, Lutfi Suhendra, 2021. Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Berbagai Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu Proses Bleaching.
- Rahmiyati. 2006. Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Sagu dalam Pembuatan Mie Kering. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Rambat, Nurul Hidayat Aprilita, Bambang Rusdiarso, 2015. Aplikasi limbah kulit buah kakao sebagai media fermentasi asam laktat untuk bahan baku bioplastik.
- Rozanna Dewi, N,Sylvia, Zulnazri, M.Riza, 2018. *Mechanical and biodegradability properties of bio composite from sago starch and straw filler*.
- Rozanna Dewi, Nasrun Ibrahim, Novi Sylvia, 2017. *Thermal behavior of modified thermoplastic starch (TPS) synthesized from sago (Metroxylon Sagu) with Diphenylmethanediisocyanate and Castor Oil*.
- Rozanna Dewi, Nasrun,Zulnazri,Medan Riza, Harry Agusnar,2019. *Improved Mechanical and Thermal Properties of Modified Thermoplastic Starch (TPS) from sago by using Chitosan*.
- Ruddle, K., D. Johnson, P. K. Townsend dan J. D. Rees. 1978. Palm Sago A Tropical Starch from Marginal Lands. An East-West Center Book. Honolulu.
- Rumalatu, F.J. 1981. Distribusi dan Potensi Pati Beberapa Sagu (*Metroxylon sp.*) di Daerah Seram Barat. *Skripsi*. Fakultas Pertanian/Kehutanan yang Berafiliasi dengan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- S. P. S. Shinoj, M. Kochubabu, R. Visvanathan, "Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review.," *Ind. Crops Prod.*, vol. 33, pp. 7–22, 2011.
- Selia Putri Ayu1, Aisyah Suci Ningsih, 2020. Pemanfaatan sisa bahan pangan dalam pembuatan bioplastik.
- Septo Prayitno dkk," Produktivitas Kelapa Sawit yang di Pupuk dengan Tandan Kosong dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit",*Ilmu Pertanian* Vol. 15 No. 1, 2008.

- Sri Hastuti Ningsih, 2015. Pengaruh *Plasticizer* Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey Dan Agar. *Skripsi*. Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sriwita, D., dan Astuti, 2014, Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Poliester Dilihat dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas.
- Stevens, E. S. 2002. Green Plastic: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastic. New Jersey : University Press
- Subowo, S., S. Pujiastuti. 2003. Plastik yang Terdegradasi Secara Alami (Biodegradable) Terbuat dari Ldpe dan Pati Jagung Terlapis. Prosiding Simposium Nasional Polimer IV, 203- 208.
- Sumaryono. 2012. “Perilaku Pengujian Tarik pada Polistiren dan Polipropilen”.
- Supratman, Unang. 2006. Elusidasi Struktur Senyawa Organik. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Susilowati, 2011, “Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Proses Hidrolisis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Fermentasi Saccharomyces”.
- Tengku Rachmi Hidayani, Elda Pelota, Dyah Nirmala. 2017. Pembuatan Dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Dari Limbah Polipropilena Dan Pati Biji Durian Dengan Penambahan Maleat Anhidrida Sebagai Agen Pengikat Silang
- Tengku Rachmi, Elda Pelita, Gusfiyeni, 2017, “Analisis Sifat Fisika Pemanfaatan Pati Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Plastik LDPE sebagai Bahan Pembuatan Plastik *Biodegradable*”, Padang, Indonesia.
- V Siracusa, 2019. Microbial degradation of synthetic biopolymers waste: A Review. Trends in Food Science & Technology.
- Vilpoux O, Averous L. 2006. Starch-Based Plastic. Latin American Starchy Tubers.
- Widodo, L.U. et al., 2013. Pemisahan AlphaSelulosa Dari Limbah batang Ubi kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida. Jurnal Teknik Kimia, 7(2), pp.43–47.
- Yuli Darni, Tosty Maylangi Sitorus, Muhammad Hanif, 2014. Jurnal rekayasa kimia dan lingkungan
- Zulnazri. (2017). *Hidrolisis Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Memproduksi Cellulose Nanocrystals Dengan Metode Sonikasi-Hidrotermal*. Surabaya, Indonesia.

## LAMPIRAN A

### DATA PENGAMATAN

**Lampiran A. 1 Tabel Data Uji Kuat Tarik**

Perbandingan Selulosa dan Pati	Uji Kuat Tarik (MPa)	Elongation (%)	Modulus Young (MPa)
40 : 60	2,25	0,46 %	490,43
50 : 50	1,90	0,86 %	221,62
60 : 40	8,22	1,46 %	563,49

**Lampiran A. 2 Tabel Data Pengamatan Uji Daya Serap**

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Massa berat selulosa (gr)	Masa sebelum perendaman (gr)	Masa sesudah perendaman (gr)	Daya serap air (%)
A1	20	40 gr	0,7431	0,9923	33,53
A2		50 gr	0,7042	0,9022	28,11
A3		60 gr	0,6901	1,0121	46,65
B1	25	40 gr	0,4988	0,7442	49,19
B2		50 gr	0,5544	0,7657	38,11
B3		60 gr	0,9888	1,3918	40,75
C1	30	40 gr	0,2555	0,3249	27,16
C2		50 gr	0,5915	0,7852	32,74
C3		60 gr	0,4822	0,6010	24,63

**Lampiran A. 3 Tabel Data Pengamatan Uji Biodegradabilitas**

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Konsentrasi selulosa (%)	Analisis Hari ke – (%)				
			3	6	9	12	16
A1	20	40	2,02	6,02	11,04	15,42	20,97
A2		50	1,18	4,02	7,93	14,07	21,80
A3		60	2,80	6,51	13,89	17,40	25,43
B1	25	40	2,49	6,24	9,24	13,85	18,09
B2		50	2,60	5,25	10,37	17,19	20,21
B3		60	2,46	7,38	10,30	16,69	24,45
C1	30	40	2,55	9,63	12,06	17,33	20,87
C2		50	2,42	8,77	11,61	19,97	23,89
C3		60	3,18	6,20	10,62	19,69	24,53

#### Lampiran A. 4 Laju Ekstrapolasi

Hari	Delignifikasi								
	NaOH 20%			NaOH 25%			NaOH 30%		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
3	2,02	1,18	2,80	2,49	2,60	2,46	2,55	2,42	3,18
6	6,02	4,02	6,51	6,24	5,25	7,38	9,63	8,77	6,20
9	11,04	7,93	13,89	9,24	10,37	10,30	12,06	11,61	10,62
12	15,42	14,07	17,40	13,85	17,19	16,69	17,33	19,97	19,69
15	20,97	21,80	25,43	18,09	20,21	24,45	20,87	23,89	24,53
18	25,28	25,13	30,05	21,62	25,27	28,24	25,79	29,52	29,70
21	30,01	30,21	35,66	25,50	29,98	33,57	30,22	34,92	35,32
24	34,74	35,29	41,28	29,38	34,70	38,90	34,65	40,33	40,93
27	39,47	40,37	46,89	33,26	39,42	44,23	39,09	45,73	46,55
30	44,20	45,45	52,51	37,14	44,13	49,55	43,52	51,13	52,17
33	48,93	50,53	58,12	41,03	48,85	54,88	47,96	56,53	57,79
36	53,66	55,61	63,74	44,91	53,56	60,21	52,39	61,93	63,41
39	58,39	60,69	69,35	48,79	58,28	65,54	56,82	67,34	69,03
42	63,12	65,76	74,97	52,67	63,00	70,87	61,26	72,74	74,65
45	67,85	70,84	80,58	56,55	67,71	76,20	65,69	78,14	80,27
48	72,58	75,92	86,20	60,43	72,43	81,53	70,13	83,14	85,89
51	77,31	81,00	91,81	64,31	77,14	86,86	74,56	88,94	91,51
54	82,04	86,08	97,43	68,19	81,86	92,19	78,99	94,35	97,12
57	86,77	91,16	100	72,07	86,58	97,52	83,43	99,75	100
60	91,50	96,24	-	75,95	91,29	100	87,86	100	-
63	96,23	100	-	79,84	96,01	-	92,30	-	-
66	100	-	-	83,72	100	-	96,73	-	-
69	-	-	-	87,60	-	-	100	-	-
72	-	-	-	91,48	-	-	-	-	-
75	-	-	-	95,36	-	-	-	-	-
78	-	-	-	99,24	-	-	-	-	-
81	-	-	-	100	-	-	-	-	-

## Lampiran A. 5 Gambar Tabel Data Serapan FTIR

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	416.62	86.369	1.542	430.13	406.98	1.397	0.105
2	474.49	89.518	0.375	495.71	470.63	1.143	0.032
3	503.42	90.829	0.477	557.43	497.63	2.091	0.091
4	640.37	95.916	0.362	669.3	626.87	0.715	0.037
5	702.09	95.743	0.904	721.38	684.73	0.62	0.077
6	769.6	95.416	0.631	785.03	723.31	1.142	0.121
7	806.25	95.098	0.665	821.68	786.96	0.704	0.054
8	842.89	94.106	2.119	887.26	823.6	1.265	0.29
9	893.04	97.344	0.072	906.54	889.18	0.199	0.003
10	923.9	96.85	0.804	956.69	908.47	0.586	0.111
11	972.12	96.827	1.316	987.55	958.62	0.324	0.089
12	1170.79	98.367	0.262	1176.58	1120.64	0.204	0.096
13	1219.01	97.648	0.789	1236.37	1201.65	0.295	0.06
14	1255.66	97.687	0.523	1274.95	1238.3	0.334	0.047
15	1292.31	97.868	1.053	1315.45	1276.88	0.26	0.098
16	1718.58	95.284	0.326	1720.5	1685.79	0.476	0.05
17	1726.29	95.018	0.42	1730.15	1720.5	0.207	0.011
18	1741.72	94.587	1.55	1822.73	1732.08	0.58	0.204
19	1851.66	102.744	0.501	1857.45	1843.95	-0.169	0.016
20	2339.65	103.564	0.781	2355.08	2330.01	-0.422	0.044
21	2374.37	102.088	1.481	2391.73	2355.08	-0.445	0.12
22	2580.76	100.389	0.531	2598.12	2505.53	-0.434	0.078
23	2721.56	99.663	0.695	2750.49	2692.63	-0.019	0.071
24	2831.5	98.384	4.824	2850.79	2750.49	0.025	0.935
25	2870.08	99.901	4.562	2916.37	2850.79	-0.464	0.888
26	2976.16	98.272	4.99	3045.6	2916.37	0.082	1.749
27	3591.46	100.228	0.668	3599.17	3577.95	-0.051	0.035
28	3651.25	99.717	1.866	3660.89	3641.6	-0.032	0.099
29	3670.54	101.227	0.814	3676.32	3660.89	-0.11	0.031
30	3751.55	103.989	0.639	3757.33	3745.76	-0.212	0.015

## LAMPIRAN B PERHITUNGAN

### Lampiran B. 1 Menghitung (%) Daya Serap Air

1. Bioplastik dengan NaOH 20% pada 40% selulosa

Berat awal = 0,7431 gram

Berat akhir = 0,9923 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,9923-0,7431}{0,7431} \times 100 \\ &= 33,53 \%\end{aligned}$$

2. Bioplastik dengan NaOH 20% pada 50% selulosa

Berat awal = 0,7042 gram

Berat akhir = 0,9022 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,9022-0,7042}{0,7042} \times 100 \\ &= 28,11 \%\end{aligned}$$

3. Bioplastik dengan NaOH 20% pada selulosa 60%

Berat awal = 0,6901 gram

Berat akhir = 1,0121 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,0121-0,6901}{0,6901} \times 100\end{aligned}$$

$$= 46,65 \%$$

4. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 40% selulosa

$$\text{Berat awal} = 0,4988 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,7442 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7442-0,4988}{0,4988} \times 100 \\ &= 48,79 \% \end{aligned}$$

5. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 50% selulosa

$$\text{Berat awal} = 0,5544 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,7657 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7657-0,5544}{0,5544} \times 100 \\ &= 38,11 \% \end{aligned}$$

6. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 60% selulosa

$$\text{Berat awal} = 0,9888 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3918 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3918-0,9888}{0,9888} \times 100 \\ &= 40,75 \% \end{aligned}$$

7. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 60% selulosa

Berat awal = 0,2555 gram

Berat akhir = 0,3249 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,3249-0,2555}{0,2555} \times 100 \\ &= 27,16 \%\end{aligned}$$

8. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 60% selulosa

Berat awal = 0,5915 gram

Berat akhir = 0,7852 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7852-0,5915}{0,5915} \times 100 \\ &= 32,74 \%\end{aligned}$$

9. Bioplastik dengan NaOH 25% pada 60% selulosa

Berat awal = 0,4822 gram

Berat akhir = 0,6010 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air} &= \frac{\text{Berat Akhir}-\text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,6010-0,4822}{0,4822} \times 100 \\ &= 24,63 \%\end{aligned}$$

## Lampiran B. 2 Menghitung (%) *Biodegradable*

1. Bioplastik NaOH 20% pada 40% selulosa



a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,9260 gram

Berat akhir = 1,8870 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{BeratAwal} - \text{BeratAkhir}}{\text{BeratAwal}} \times 100 \\ &= \frac{1,9260 - 1,8870}{1,9260} \times 100 \\ &= 2,02 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,9260 gram

Berat akhir = 1,8099 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,9260 - 1,8099}{1,9260} \times 100 \\ &= 6,02 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selam 9 hari

Berat awal = 1,9260 gram

Berat akhir = 1,7133 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,9260 - 1,7133}{1,9260} \times 100 \\ &= 11,04 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,9260 gram

Berat akhir = 1,6289 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,9260 - 1,6289}{1,9260} \times 100 \\ &= 15,45 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,9260 gram

Berat akhir = 1,5221 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,9260 - 1,5221}{1,9260} \times 100 \\ &= 20,97 \%\end{aligned}$$

2. Bioplastik NaOH 20% pada 50% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,6823 gram

Berat akhir = 1,6623 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,6823 - 1,6623}{1,6823} \times 100 \\ &= 1,18 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,6823 gram

Berat akhir = 1,6146 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,6823 - 1,6146}{1,6823} \times 100 \\ &= 4,02 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,6823 gram

Berat akhir = 1,5488 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,6823 - 1,5488}{1,6823} \times 100 \\ &= 7,93 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,6823 gram

Berat akhir = 1,4455 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,6823 - 1,4455}{1,6823} \times 100 \\ &= 14,07 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,6823 gram

Berat akhir = 1,3155 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,6823 - 1,3155}{1,6823} \times 100$$

$$= 21,80 \%$$

3. Bioplastik NaOH 20% pada 60% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,5497 gram

Berat akhir = 1,5063 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,5497 - 1,5063}{1,5497} \times 100$$

$$= 2,80 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,5497 gram

Berat akhir = 1,4487 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,5497 - 1,4487}{1,5497} \times 100$$

$$= 6,51 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,5497 gram

Berat akhir = 1,3344 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,5497 - 1,3344}{1,5497} \times 100$$

$$= 13,89 \%$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 1,5497 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,2799 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,5497 - 1,2799}{1,5497} \times 100 \\ &= 17,40 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{berat awal} = 1,5497 \text{ gram}$$

$$\text{berat akhir} = 1,1555 \text{ gram}$$

penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,5497 - 1,1555}{1,5497} \times 100 \\ &= 25,43 \% \end{aligned}$$

4. Bioplastik NaOH 25% pada 40% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

$$\text{Berat awal} = 1,3890 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,3544 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3890 - 1,3544}{1,3890} \times 100 \\ &= 2,49 \% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,3890 gram

Berat akhir = 1,3022 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3890-1,3022}{1,3890} \times 100 \\ &= 6,24 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,3890 gram

Berat akhir = 1,2606 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3890-1,2606}{1,3890} \times 100 \\ &= 9,24 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,3890 gram

Berat akhir = 1,1966 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3890-1,1966}{1,3890} \times 100 \\ &= 13,85 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,3890 gram

Berat akhir = 1,1377 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,3890-1,1377}{1,3890} \times 100 \\ &= 18,09 \%\end{aligned}$$

5. Bioplastik NaOh 25% pada 50% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,4496 gram

Berat akhir = 1,4118 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4496-1,4118}{1,4496} \times 100 \\ &= 2,60 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,4496 gram

Berat akhir = 1,3734 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4496-1,3734}{1,4496} \times 100 \\ &= 5,25 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,4496 gram

Berat akhir = 1,2992 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4496-1,2992}{1,4496} \times 100 \\ &= 10,37 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,4496 gram

Berat akhir = 1,2004 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4496-1,2004}{1,4496} \times 100 \\ &= 17,19 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,4496 gram

Berat akhir = 1,1566 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4496-1,1566}{1,4496} \times 100 \\ &= 20,21 \%\end{aligned}$$

6. Bioplastik NaOH 25% pada 60% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,4989 gram

Berat akhir = 1,4620 gram



Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4989-1,4620}{1,4989} \times 100 \\ &= 2,46 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,4989 gram

Berat akhir = 1,3882 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4989-1,3882}{1,4989} \times 100 \\ &= 7,38 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,4989 gram

Berat akhir = 1,3444 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4989-1,3444}{1,4989} \times 100 \\ &= 10,30 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,4989 gram

Berat akhir = 1,2486 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4989-1,2486}{1,4989} \times 100$$

$$= 16,69 \%$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,4989 gram

Berat akhir = 1,1323 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,4989-1,1323}{1,4989} \times 100$$

$$= 24,45 \%$$

7. Bioplastik NaOH 30% pada 40% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 0,7856 gram

Berat akhir = 0,7655 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{0,7856-0,7655}{0,7856} \times 100$$

$$= 2,55 \%$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 0,7856 gram

Berat akhir = 0,7099 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{0,7856-0,7099}{0,7856} \times 100$$

$$= 9,63 \%$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

$$\text{Berat awal} = 0,7856 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,6908 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7856 - 0,6908}{0,7856} \times 100 \\ &= 12,06 \% \end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

$$\text{Berat awal} = 0,7856 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,6494 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7856 - 0,6494}{0,7856} \times 100 \\ &= 17,33 \% \end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

$$\text{Berat awal} = 0,7856 \text{ gram}$$

$$\text{Berat akhir} = 0,6216 \text{ gram}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,7856 - 0,6216}{0,7856} \times 100 \\ &= 20,87 \% \end{aligned}$$

8. Bioplastik NaOH 30% pada 50% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,4306 gram

Berat akhir = 1,3959 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4306-1,3959}{1,4306} \times 100 \\ &= 2,42 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,4306 gram

Berat akhir = 1,3051 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4306-1,3051}{1,4306} \times 100 \\ &= 8,77 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,4306 gram

Berat akhir = 1,2644 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4306-1,2644}{1,4306} \times 100 \\ &= 11,61 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,4306 gram

Berat akhir = 1,1448 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4306-1,1448}{1,4306} \times 100 \\ &= 19,97 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,4306 gram

Berat akhir = 1,0887 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,4306-1,0887}{1,4306} \times 100 \\ &= 23,89 \%\end{aligned}$$

9. Bioplastik NaOH 30% pada 60% selulosa

a. Setelah ditanam selama 3 hari

Berat awal = 1,2382 gram

Berat akhir = 1,1988 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2382-1,1988}{1,2382} \times 100 \\ &= 3,18 \%\end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 6 hari

Berat awal = 1,2382 gram

Berat akhir = 1,1614 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2382-1,1614}{1,2382} \times 100 \\ &= 6,20 \%\end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 9 hari

Berat awal = 1,2382 gram

Berat akhir = 1,1066 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2382-1,1066}{1,2382} \times 100 \\ &= 10,62 \%\end{aligned}$$

d. Setelah ditanam selama 12 hari

Berat awal = 1,2382 gram

Berat akhir = 0,9943 gram

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{1,2382-0,9943}{1,2382} \times 100 \\ &= 19,69 \%\end{aligned}$$

e. Setelah ditanam selama 16 hari

Berat awal = 1,2382 gram

Berat akhir = 0,9344 gram

Penyelesaian :

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat Awal}-\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

$$= \frac{1,2382 - 0,9344}{1,2382} \times 100$$

$$= 24,53 \%$$

### Lampiran B. 3 Menghitung Kekuatan Tarik

#### 1. Perhitungan Kekuatan Tarik

Nilai perhitungan tegangan tarik dapat dilakukan dengan caramenggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

$\Sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

$A$  = Luas penampang(mm<sup>2</sup>)

$F$  =Gaya (N)

$$a. \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{56,42}{25} = 2,256 \text{ MPa}$$

$$b. \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{47,65}{25} = 1,906 \text{ Mpa}$$

$$c. \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{205,68}{25} = 8,227 \text{ Mpa}$$

d.

#### 2. PerhitunganRegangan atau elongasi

Nilai perhitungan Regangan atau elongasi dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang(mm)

$L$  = Panjang awal(mm)

a.  $\varepsilon = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{0,37}{80} \times 100 = 0,46 \%$

b.  $\varepsilon = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{0,69}{80} \times 100 = 0,86\%$

c.  $\varepsilon = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} = \frac{1,17}{80} \times 100 = 1,46 \%$

### 3. Perhitungan *Modulus Young*

Nilai perhitungan *Modulus Young* dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut:

$$y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan :

$y$  = Modulus young(MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$\sigma$  = Tegangan tarik(MPa)

a.  $y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{2,256}{0,46 \%} = 490,43 \text{ MPa}$

b.  $y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{1,906}{0,86 \%} = 221,62 \text{ MPa}$

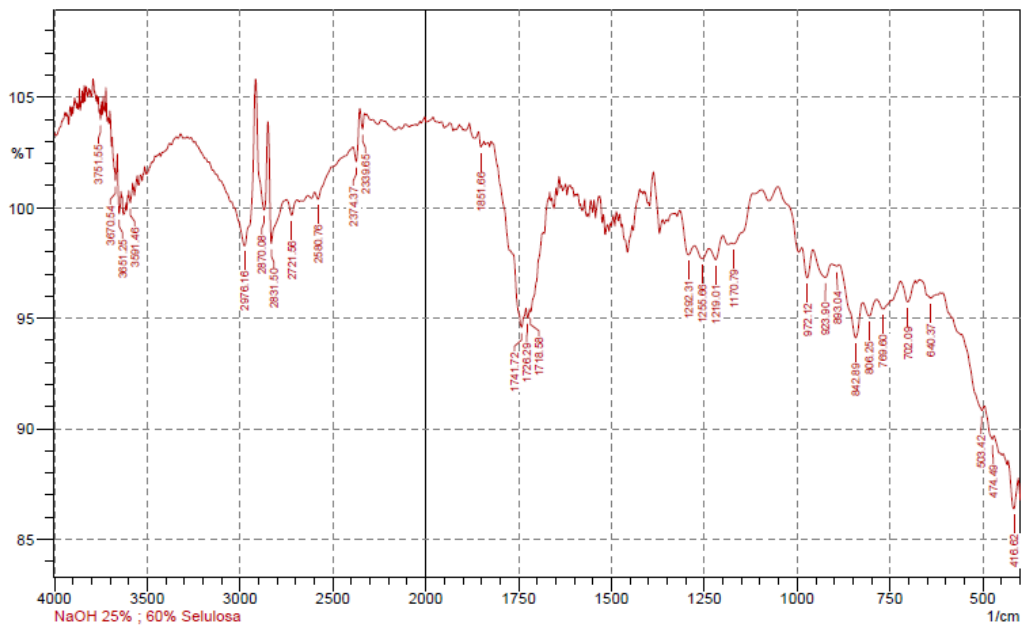
c.  $y = \frac{\text{Tegangan Tarik}}{\text{Regangan}} = \frac{8,227}{1,46 \%} = 563,49 \text{ MPa}$



# LAMPIRAN C

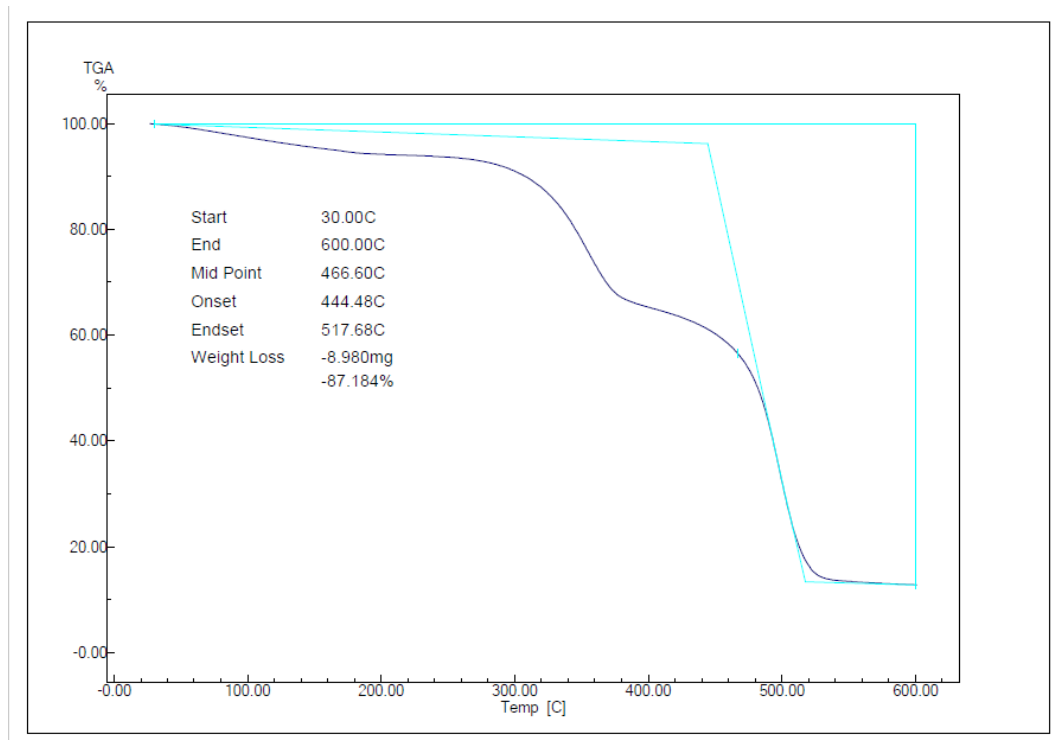
## GAMBAR DAN DOKUMENTASI

**Lampiran C. 1 Analisa Gugus Fungsi (FTIR)**

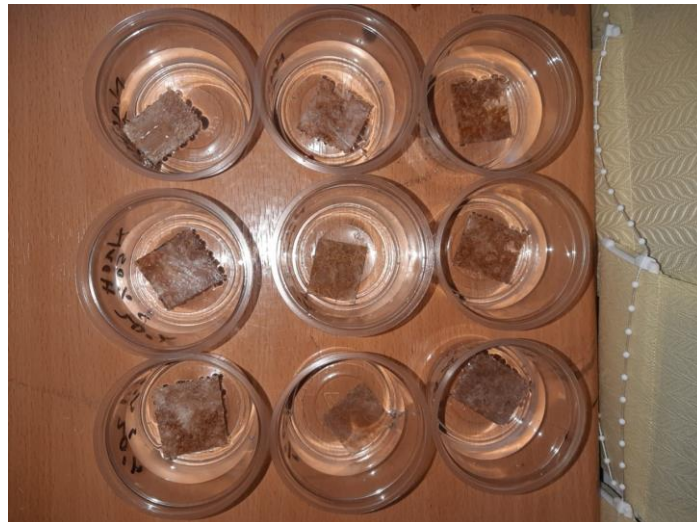


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	416.62	86.369	1.542	430.13	406.98	1.397	0.105
2	474.49	89.518	0.375	495.71	470.63	1.143	0.032
3	503.42	90.829	0.477	557.43	497.63	2.091	0.091
4	640.37	95.916	0.362	669.3	626.87	0.715	0.037
5	702.09	95.743	0.904	721.38	684.73	0.62	0.077
6	769.6	95.416	0.631	785.03	723.31	1.142	0.121
7	806.25	95.098	0.665	821.68	786.96	0.704	0.054
8	842.89	94.106	2.119	887.26	823.6	1.265	0.29
9	893.04	97.344	0.072	906.54	889.18	0.199	0.003
10	923.9	96.85	0.804	956.69	908.47	0.586	0.111
11	972.12	96.827	1.316	987.55	958.62	0.324	0.089
12	1170.79	98.367	0.262	1176.58	1120.64	0.204	0.096
13	1219.01	97.648	0.789	1236.37	1201.65	0.295	0.06
14	1255.66	97.687	0.523	1274.95	1238.3	0.334	0.047
15	1292.31	97.868	1.053	1315.45	1276.88	0.26	0.098
16	1718.58	95.284	0.326	1720.5	1685.79	0.476	0.05
17	1726.29	95.018	0.42	1730.15	1720.5	0.207	0.011
18	1741.72	94.587	1.55	1822.73	1732.08	0.58	0.204
19	1851.66	102.744	0.501	1857.45	1843.95	-0.169	0.016
20	2339.65	103.564	0.781	2355.08	2330.01	-0.422	0.044
21	2374.37	102.088	1.481	2391.73	2355.08	-0.445	0.12
22	2580.76	100.389	0.531	2598.12	2505.53	-0.434	0.078
23	2721.56	99.663	0.695	2750.49	2692.63	-0.019	0.071
24	2831.5	98.384	4.824	2850.79	2750.49	0.025	0.935
25	2870.08	99.901	4.562	2916.37	2850.79	-0.464	0.888
26	2976.16	98.272	4.99	3045.6	2916.37	0.082	1.749
27	3591.46	100.228	0.668	3599.17	3577.95	-0.051	0.035
28	3651.25	99.717	1.866	3660.89	3641.6	-0.032	0.099
29	3670.54	101.227	0.814	3676.32	3660.89	-0.11	0.031
30	3751.55	103.989	0.639	3757.33	3745.76	-0.212	0.015











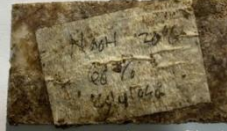
















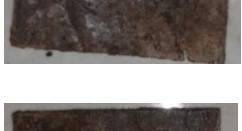

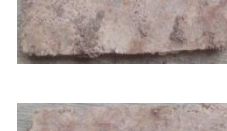








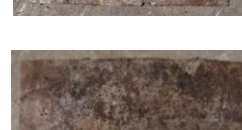



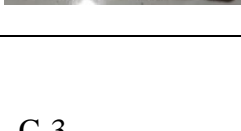
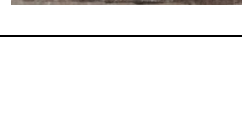
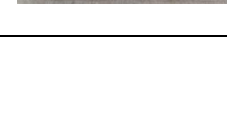
## Lampiran C. 2 Analisa TGA



## Lampiran C. 3 Analisa Uji Daya Serap



Lampiran C. 4 Analisa Uji Daya Serap

Hari Ke	3	6	9	12	16
No Sampel	Sampel Uji Biodegradasi				
A1					
A2					
A3					
B1					
B2					
B3					
C1					
C2					
C3					



## Lampiran C. 5 Alat dan Bahan Penelitian



MAH



*Polypropylene*



BPO



Aquadest



Xylen



Pati Sagu



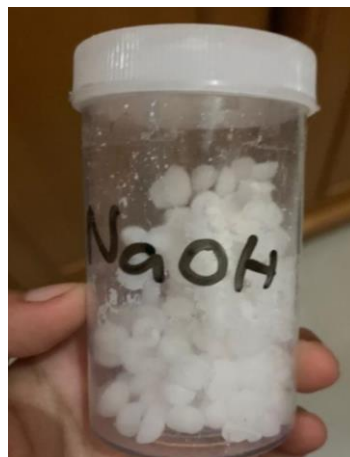
Prose Grafting



Proses Gelatinasi



Pengepresan Sampel



NaOH



Uji Daya Serap Air



Proses Delignifikasi



NaOCl 3,5 %



Selulosa TKKS



Delignifikasi didalam autoklaf

## LAMPIRAN D DOKUMENTASI ADMINISTRASI

### Lampiran D. 1 Surat Labiratorium



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)  
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450  
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: [ft@unimal.ac.id](mailto:ft@unimal.ac.id)

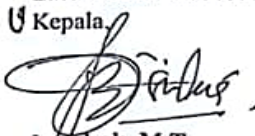
#### SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM Nomor : 142/UN45.1.1/PT/2024


Kepala Laboratorium Dasar Eksakta dan Laboratorium Proses dan Produksi Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh menyatakan bahwa :

Nama : Cut Trisna Farida  
Nim : 190190017  
Jurusan : Teknik Material

Benar yang tersebut diatas telah menyelesaikan seluruh kegiatan yang berkaitan dengan  
laboratorium dan tidak mempunyai tanggungan pinjaman alat-alat dan bahan pada  
laboratorium tersebut, dan yang bersangkutan dinyatakan **Bebas Laboratorium**.

Demikian surat ini diperbuat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Lab. Proses dan Produksi  
Kepala,  
  
Ir. Ashak, M.T.  
NIP 196201082001121001

Bukit Indah, 30 Januari 2024  
Laboratorium Dasar Eksakta  
Kepala,  
  
Novi Sylvia, S.T., M.T.  
NIP 197811252006042008

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Kimia  
  
Dr. Lukman Hakim, ST., M.Eng  
NIP 197005082005011001

Tembusan :  
Arsip



## Lampiran D. 2 Surat Persetujuan Sidang



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)

Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450

Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: [ft@unimal.ac.id](mailto:ft@unimal.ac.id)

### SURAT PERSETUJUAN SEMINAR/SIDANG

Nama : Cut Trisna Farida  
Nim : 190190017  
Hari/Tanggal : Selasa / 16 Januari 2024  
Pukul : 11-00 WIB  
Seminar/Sidang :


- Seminar Proposal Tugas Akhir\*)
- Seminar Hasil Tugas Akhir\*)
- Sidang Tugas Akhir\*)

Progam Studi : Teknik Material  
Judul : Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Penambahan Pati Sagu.

Dengan ini menyatakan \*) menyetujui/tidak menyetujui mahasiswa tersebut diatas untuk mengikuti seminar/sidang

Menyetujui,

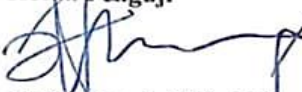
Pembimbing Utama

  
Dr. Ir. Rozanna Dewi, ST., M.Sc. IPM  
NIP. 197208302002121001


Pembimbing Pendamping

  
Ahmad Fikri, S.Pd., MT  
NIP. 197512312006041002


Ketua Penguji

  
Dr. Zulnazri, S.Si., MT  
NIP. 197512312006041002

Anggota Penguji

  
Nurul Islami, ST., M.Sc  
NIP. 198209282023211011

Mengetahui,  
Prodi Teknik Material

  
Dr. Zulnazri, S.Si., MT  
NIP. 197512312006041002



## Lampiran D. 3 Surat Undangan Sidang



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
FAKULTAS TEKNIK  
Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)  
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450  
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: [ft@unimal.ac.id](mailto:ft@unimal.ac.id)

Nomor : 65 /UN45.9/KM/2024 8 Januari 2024  
Lampiran : -  
Perihal : Undangan Sidang Kolokium

Yth,

1. Pembimbing Utama (Dr. Ir., Rozanna Dewi., ST., M.Sc.)
  2. Pembimbing Pendamping (Ahmad Fikri, S.Pd., M.T.)
  3. Penguji Utama (Dr. Zulfazri., S.Si., M.T.)
  4. Penguji Pendamping (Nurul Islami, S.T., M.Sc.)
- di -  
Tempat

Dengan hormat,

Sehubungan dengan diadakannya Sidang Kolokium

Mahasiswa pada Program Studi Teknik Material Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh yang akan dilaksanakan pada :

Hari/Tanggal : Selasa / 16 Januari 2024  
Pukul : 11.00 Wib s/d Selesai  
Tempat : Ruang Sidang Teknik Material

Atas nama mahasiswa :

Nama : Cut Trisna Farida  
NIM : 190190017  
Program Studi : Teknik Material  
Judul Penelitian : Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Penambahan Pati Sagu

Demikian kami sampaikan atas bantuan dan kehadiran bapak/ibu kami ucapkan terima kasih.

Prodi Teknik Material  
Ketua  
  
Dr. Zulfazri, S.Si., M.T.  
Nip. 197512312006041002

## BIODATA

### 1. Personal

Nama : Cut Trisna Farida  
Nim : 190190017  
Bidang : Teknik Material  
Alamat : Pante Ara, Kec. Peusangan, Kab. Bireuen  
Provinsi Aceh  
No HP/Telpon : 085261686129

Pas Foto  
berwarna

### 2. Orang Tua

Nama Ayah : Hariadi  
Pekerjaan : Petani  
Umur : 64 Tahun  
Alamat : Malang, Jawa Timur  
Nama Ibu : Nurhayati  
Pekerjaan : Karyawan Honorer  
Umur : 50 Tahun  
Alamat : Pante Ara, Kec. Peusangan, Kab. Bireuen  
Provinsi Aceh

### 3. Pendidikan Formal

Asal SLTA (Tahun) : SMA Negeri 2 Peusangan (2016-2019)  
Asal SLTP (Tahun) : MTsN 2 Bireuen (2013-2016)  
Asal SD (Tahun) : SD Negeri 24 Peusangan (2007-2013)

### 4. Pendidikan Non Formal

Kursus/Pelatihan : -  
Institusi Pelaksana : -  
Tanggal Pelaksanaan : -

### 5. Software Komputer Yang Di Kuasai

Jenis Software : Microsoft Office, Microsoft Excel  
Tingkat Penguasaan : Intermediate

Jenis Software : Ds. Biovia Material  
Tingkat Penguasaan : Basic

Jenis Software : -  
Tingkat Penguasaan : Intermediate

**6. Prestasi**

Tingkat Nasional : 1. -  
: 2. -  
: 3. -  
: 4. -

Tingkat Provinsi : 1. -  
: 2. -  
: 3. -  
: 4. -

Tingkat Kabupaten/kota : 1. -  
: 2. -  
: 3. -  
: 4. -

Lhokseumawe, 23 Januari 2024

Cut Trisna Farida