



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE  
BERBAHAN DASAR SELULOSA DARI TONGKOL  
JAGUNG**

**I Dewa Gede Agung Wiradipta  
NRP 1112 100 054**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Mashuri, M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE  
BERBAHAN DASAR SELULOSA DARI  
TONGKOL JAGUNG**

**I Dewa Gede Agung Wiradipta  
NRP 1112 100 054**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Mashuri, M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**FABRICATION OF PLASTIC BIODEGRADABLE  
FROM CELLULOSE OF CORN COBS**

**I Dewa Gede Agung Wiradipta  
NRP 1112 100 054**

**Advisor  
Dr. Mashuri, M.Si**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Tenth Nopember of Technology Institute  
Surabaya 2017**

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN  
DASAR SELULOSA DARI TONGKOL JAGUNG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada  
Bidang Fisika Material  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**I DEWA GEDE AGUNG WIRADIPTA  
NRP 1112100054**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir



(.....)

**Dr. Mashuri, M.Si.**

**NIP. 19691216.1994.02.100.1**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN DASAR SELULOSA DARI TONGKOL JAGUNG**

**Nama** : I Dewa Gede Agung Wiradipta  
**NRP** : 1112 100 054  
**Departemen** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dr. Mashuri, M.Si

### **Abstrak**

*Dalam penelitian ini, pembuatan film plastik biodegradable dengan metode solution casting telah dilakukan. Bahan-bahan yang digunakan antara lain NaOH, NaOCl, pati, gliserin, dan aquades. Selulosa yang telah diekstraksi digunakan pada pembuatan film plastik. Ekstraksi selulosa menggunakan variasi konsentrasi NaOH saat delignifikasi sebesar 15%, 20%, dan 25%, dengan waktu 30, 60, dan 90 menit. Sedangkan pembuatan film plastik menggunakan variasi perbandingan gliserin dan selulosa sebesar 1:0, 1:3, dan 1:6. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan pengujian Spektrofotometri Uv-Vis, Fourier Transform Infra-Red (FTIR), dan Dynamic Mechanical Analysis (DMA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa delignifikasi pada suhu 200°C dengan konsentrasi alkali NaOH 20% dalam waktu 60 menit mampu menghasilkan selulosa alpha dengan kemurnian 68,15%. Dan hasil pengujian mekanik DMA menunjukkan penambahan selulosa dapat meningkatkan modulus elastisitas. Pada film plastik dengan perbandingan gliserin dan selulosa 1:0, 1:3, dan 1:6 secara berturut-turut modulus elastisitasnya 97MPa, 2.400MPa, dan 4.400 MPa.*

***Kata kunci : film plastik biodegradable, modulus elastisitas, tongkol jagung, selulosa.***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **FABRICATION OF PLASTIC BIODEGRADABLE FROM CELLULOSE OF CORN COBS**

**Name** : I Dewa Gede Agung Wiradipta  
**NRP** : 1112 100 054  
**Department** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor** : Dr. Mashuri, M.Si

### **Abstract**

*In this research, fabrication of plastic biodegradable by using solution casting method were finished. The raw material used in this experiments were NaOH, NaOCl, starch, glycerin, and aquades. Cellulose from corn cobs had extracted were used in fabrication of film plastic. Extraction cellulose using concentration of NaOH 15%, 20%, and 25%, with time 30, 60, and 90 minute in delignification method. While fabrication of film plastic using comparison of glycerin and cellulose 1:0, 1:3, and 1:6. The sample characterized by using Uv-Vis Spektrophotometer, Fourier Transform Infra-Red (FTIR), dan Dynamic Mechanical Analysis (DMA). From delignification method with temperature 200°C, concentration of NaOH 20%, and time 60 minute showed this method can produce alpha cellulose 68,15%. Cellulose were increased in the fabrication of film plastic, can increase modulus of elasticity. In the fabrication of film plastic using comparison of glycerin and cellulose 1:0, 1:3, and 1:6 sequentially the modulus of elasticity 97MPa, 2.400MPa, and 4.400MPa.*

**Key word** : corn cobs, cellulose, modulus of elasticity, film plastic biodegradable.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkah, rahmat, dan petunjuk Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan optimal. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu jurusan Fisika ITS. Tugas Akhir dengan judul :

### ***“Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa dari Tongkol Jagung”***

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Bapak Dr. Mashuri, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberi pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.

2. Kedua orang tua tercinta. Mama dan Ajik yang telah memberikan suguhan dan makan serta dukungan moral kepada penulis sejak kecil sampai dewasa.
3. Alamsyah, Fabet, Rahma, dan Daus selaku rekan PKM-P Xilan yang telah membantu penulis dalam proses penelitian di laboratorium.
4. Pak Slamet selaku petugas Laboratorium Spektroskopi yang sering menyediakan tempat bekerja di laboratorium.
5. Ali Jaya Lab yang telah memberikan pengetahuan Fisika Bahan.
6. Masjid SPR yang telah memberikan konsumsi selama penelitian hingga penyusunan laporan.
7. Mbak Aini dan Mas Handoko yang telah memberikan petunjuk tentang penelitian ini terutama untuk pengujian dan pemahaman.
8. Akmal, Anis, Haikal, dan Ryandhika selaku penghuni Laboratorium Spektroskopi yang telah menemani penulis dan memberi pengetahuan Fisika Bahan.
9. Tim riset PKM-P Sholeh 2015 atas bantuan HCl.
10. Fasya atas bantuan NaOH.
11. Segenap teman-teman Fisika Angkatan 2012 yang telah memberikan support terbaik bagi penulis. Terima kasih atas pelajaran berharga yang membuat kami menjadi sebuah keluarga.

12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 23 Juni 2017

Penulis  
I Dewa Gede Agung Wiradipta

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>COVER PAGE</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Plastik.....	5
2.2 Plastik <i>Biodegradable</i> .....	6
2.3 Pati.....	8

2.4 Gliserol sebagai <i>Plasticizer</i> .....	10
2.5 Tongkol Jagung .....	11
2.6 Selulosa .....	12
2.7 Karakteristik Sifat Mekanik .....	15
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>19</b>
3.1 Alat dan Bahan .....	19
3.2 Prosedur Kerja .....	19
3.2.1 <i>Milling</i> Tongkol Jagung .....	19
3.2.2 Ekstraksi Selulosa .....	20
3.2.2.1 Pre-Delignifikasi .....	20
3.2.2.2 Delignifikasi .....	20
3.2.3 Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i> .....	21
3.3 Metode Karakterisasi .....	22
3.3.1 Karakterisasi Alpha-Selulosa dengan FTIR .....	22
3.3.2 Karakterisasi Alpha-Selulosa dengan Spektrofotometri Uv-Vis .....	22
3.3.3 Karakterisasi Film Plastik <i>Biodegradable</i> dengan DMA .....	23
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.4.1 <i>Milling</i> Tongkol Jagung .....	23
3.4.2 Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung .....	24
3.4.2.1 Pre-Delignifikasi .....	24
3.4.2.2 Delignifikasi .....	25
3.4.2.3 Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i> .....	26
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Analisis Kandungan Tongkol Jagung .....	27
4.2 Analisis Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung .....	28
4.2.1 Hasil Analisis Kuantitatif Spektrofotometri Uv-Vis ....	31
4.2.2 Hasil Analisis Kualitatif FTIR ( <i>Fourier Transform Infra-Red</i> ) .....	34
4.3 Analisis Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i> .....	39
4.3.1 Hasil Analisis Film Plastik <i>Biodegradable</i> dengan DMA ( <i>Dynamic Mechanical Analysis</i> ) .....	41

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	47
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	49
<b>LAMPIRAN</b> .....	55
<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	63

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik mekanik Plastik menurut SNI.....	4
Tabel 2.2 Komposisi tongkol jagung .....	10
Tabel 4.1 Komposisi kimia tongkol jagung .....	25
Tabel 4.2 Jumlah alpha-selulosa pada setiap ekstraksi selulosa serbuk tongkol jagung .....	27
Tabel 4.3 Hasil pengujian kuantitatif alpha-selulosa dengan menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis.....	30
Tabel 4.4 Data puncak gugus fungsi yang muncul pada Alpha selulosa variasi NaOH 15%, 20%, dan 25% dengan waktu 60 menit.....	34
Tabel 4.5 Karakteristik material penyusun film plastik <i>biodegradable</i> .....	38
Tabel 4.6 Modulus Elastisitas hasil pengujian DMA.....	40

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur rantai molekul (a) Amilosa (b) Amilopektin .....	8
Gambar 2.2 Struktur Kimia Gliserol .....	9
Gambar 2.3 Model Fibrol Selulosa .....	13
Gambar 2.4 Struktur kimia selulosa .....	14
Gambar 2.5 Grafik perbandingan tegangan dan regangan pada polimer (a) polimer getas/ <i>brittle</i> (b) polimer elastik (c) polimer elastomer .....	16
Gambar 3.1 Serbuk tongkol jagung 1mm.....	18
Gambar 3.2 Diagram Alir <i>milling</i> tongkol jagung .....	21
Gambar 3.3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi .....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Delignifikasi.....	23
Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i> .....	24
Gambar 4.1 Alpha-selulosa hasil ekstraksi .....	29
Gambar 4.2 Grafik perbandingan konsentrasi NaOH dan %wt selulosa .....	31
Gambar 4.3 Grafik perbandingan waktu delignifikasi dan %wt selulosa .....	31

Gambar 4.4 Grafik Perbandingan spektrum FTIR alpha-selulosa variasi konsentrasi, waktu delignifikasi 60 menit, dengan (1)NaOH 15% (2) NaOH 20% (3) NaOH 25% ..... 33

Gambar 4.5 Grafik Perbandingan spektrum FTIR alpha-selulosa variasi waktu delignifikasi, konsentrasi NaOH 20%, dengan (1) 30 menit (2) 60 menit (3) 90 menit..... 35

Gambar 4.6 Grafik Perbandingan spektrum FTIR (1) serbuk tongkol jagung milling atau sebelum perlakuan (2) serbuk tongkol jagung setelah perlakuan atau alpha selulosa. .... 36

Gambar 4.7 Grafik perbandingan tegangan dan regangan dimana (1)Film 1:0, (2)Film 1:3, (3)Film 1:6, dan (PlastikGajah) Plastik konvensional merk gajah..... 41

Gambar 4.8 Foto sampel film plastik sebelum dan sesudah DMA, dimana (a) sebelum dan (b) sesudah (1)Film 1:0, (2)Film 1:3, (3)Film 1:6, dan (PlastikGajah) Plastik konvensional merk gajah ..... 41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A</b>	Hasil Pengujian	Spektrofotometri	
Uv-Vis .....			51
<b>LAMPIRAN B</b>	Grafik Hasil Pengujian FTIR .....		53
<b>LAMPIRAN C</b>	Grafik Hasil Pengujian DMA.....		57

*”Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1 Latar Belakang

Indonesia merupakan penyumbang terbesar pembuangan sampah plastik di laut terbesar kedua setelah Tiongkok, menurut studi terbaru yang dimuat dalam jurnal Science. Plastik konvensional merupakan polimer yang memiliki ukuran molekul yang sangat besar dan bersifat *inert* (tidak mudah bereaksi), berat molekulnya ratusan ribu hingga jutaan, terdegradasi dalam waktu ratusan tahun, bahkan ribuan tahun (Sanjaya dan Puspita, 2013). Salah satu solusi dari penanggulangan sampah plastik adalah dengan menggantikan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme, dapat terurai 10 sampai 20 kali lebih cepat dibanding plastik konvensional (Huda & Feris, 2007). Berdasarkan standar European Union tentang biodegradasi plastik, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Sarka, dkk., 2011)

Salah satu hasil pertanian unggulan Indonesia adalah jagung. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) produktivitas jagung di tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton sedangkan di tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton dan selalu meningkat setiap tahunnya. Hasil panen jagung terdiri dari 60-70% berupa jagung pipilan dan 30% berupa limbah tongkol jagung (Irawadi, 1990 dalam Subekti, 2006). Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang

potensial dapat dikonversi menjadi produk yang lebih bermanfaat. Salah satunya adalah selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*.

Dari dasar tersebut, maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Ekstraksi Selulosa Limbah Tongkol Jagung untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable*”. Adanya penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan tentang pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Serta bisa menjadi dasar pembuatan industri plastik *biodegradable* di Indonesia dari tongkol jagung, untuk menggantikan peran plastik konvensional.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana metode ekstraksi selulosa dari limbah tongkol jagung dan bagaimana pengaruh penambahan selulosa pada plastik *biodegradable*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, permasalahan yang dibatasi adalah metode ekstraksi selulosa dari limbah tongkol jagung beserta faktor-faktor yang mungkin mempengaruhinya dan pengaruh penambahan selulosa pada plastik *biodegradable*

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui metode ekstraksi selulosa dari limbah tongkol jagung
2. Mengetahui pengaruh penambahan selulosa pada film plastik *biodegradable*

### **1.5 Manfaat penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang bagaimana metode ekstraksi selulosa dari limbah tongkol jagung, dan pengaruh penambahan selulosa pada plastik *biodegradable*

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir (TA) ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 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
3.	Hidrofobisitas (%)	99

(Darni dan Herti, 2010)

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 2.1. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri atas unit molekul yang disebut monomer. Polimer alam yang telah dikenal diantaranya selulosa, protein, dan karet alam. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu .

- a. Plastik termoplas, yaitu plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas, antara lain polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon. Plastik termoplas bersifat lentur, mudah terbakar, tidak tahan panas, dan dapat didaur ulang. Plastik termoplas memiliki rantai lurus.
- b. Plastik termoset, yaitu plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi, antara lain PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), dan *polyester*. Plastik termoset bersifat kaku, tidak mudah terbakar, tahan terhadap suhu tinggi, dan berikatan *cross-linking* (Mujiarto, 2005).

## **2.2 Plastik *Biodegradable***

*Biodegradable* berasal dari kata bio yang berarti makhluk hidup, degra yang berarti terurai dan able berarti bisa, jadi plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Plastik jenis ini biasanya digunakan untuk pengemasan karena kelebihanannya yang tidak mudah ditembus uap air (Mahalik, 2009). Plastik *biodegradable* dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Charles et al, 1999).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai biodegradasi plastik dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok dengan bahan baku

petrokimia (*non-renewable resources*) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat biodegradable, dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman (*renewable resources*) seperti pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme (Firdaus et al, 2004). Plastik biodegradable ramah lingkungan, tentunya terbuat dari bahan alam yang jika kembali ke alam tidak menghasilkan dampak negatif. Salah satunya penggunaan bahan baku produk tanaman yang tentunya berasal dari alam yaitu pati. Plastik *biodegradable* berbasis pati dihasilkan dengan beberapa cara antara lain :

1. Mencampur pati dengan plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah kecil (10-20%)
2. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL,
3. Menggunakan proses ekstraksi untuk mencampur pati dengan bahan – bahan *plasticizer* seperti sorbitol, protein kedelai, gliserol, alginate, lignin dan sebagainya (Flieger et al, 2003).

Plastik *biodegradable* dapat terurai 10 sampai 20 kali lebih cepat dibanding plastik konvensional. Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya (Huda & Feris, 2007). Berdasarkan standar European Union tentang biodegradasi plastik, plastik biodegradable harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Sarka, dkk., 2011).

Pembuatan film berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinasi. Gelatinasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat lepasnya air sehingga gel akan membentuk film yang stabil (Cui, 2005). Komposit atau campuran plastik berbasis pati memiliki

sifat mekanis yang lemah seperti kekuatan tarik, kekuatan mulur, kekakuan, perpanjangan putus, dan stabilitas kelembaban yang rendah (Zhang et al., 2007), sehingga dibutuhkan bahan-bahan tambahan untuk mendukung sifat mekanis film plastik berbasis pati.

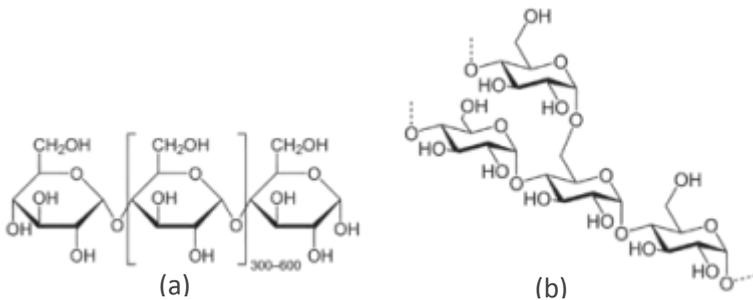
### 2.3 Pati

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida terpenting dan tersebar luas di alam. Pati disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuh-tumbuhan, antara lain di dalam biji buah (padi, jagung, gandum), di dalam umbi (ubi kayu, ubi jalar, talas, ganyong, kentang), dan pada batang (aren dan sagu). Bentuk pati digunakan untuk menyimpan glukosa dalam proses metabolisme. Menurut Hart (1990), pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Sifat pada pati tergantung panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Berat molekul pati bervariasi tergantung pada kelarutan dan sumber patinya.

Umumnya pati tidak terdapat dalam keadaan murni karena terdapat bahan antara misalnya protein dan lemak. Dapat dikatakan bahwa granula pati sedikitnya mengandung tiga komponen yaitu amilosa, amilopektin, dan bahan antara. Bahan antara tersebut terdapat sekitar 5-10% (Banks dan Greenwood, 1975). Tiap jenis pati mempunyai sifat yang tidak sama, karena hal ini dipengaruhi oleh panjang rantai karbonnya dan perbandingan antara molekul yang lurus dan bercabang. Komponen 6 yang menyusun pati ada tiga, yaitu: amilosa, amilopektin dan bahan antara (seperti protein dan lemak). Bahan antara tersebut biasanya terdapat 5-10% dari berat total (Banks dan Greenwood, 1975). Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut tersebut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa

merupakan polimer rantai lurus yang dibangun oleh ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik dan pada setiap rantai terdapat 500-2000 unit D-glukosa, sedangkan amilopektin adalah polimer berantai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik dan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-glikosidik di tempat percabangannya yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Setiap cabang terdiri atas 25 - 30 unit D-glukosa (Winarno, 1991).

Granula pati dapat menyerap air dan membengkak. Pembengkakan dan penyerapan air oleh granula pati dapat mencapai konsentrasi 30% dan peningkatan volume granula pada selang suhu  $55^{\circ}\text{C}$  sampai  $65^{\circ}\text{C}$  masih memungkinkan granula kembali pada kondisi semula. Apabila terjadi pembengkakan yang luar biasa, dan granula pati tidak dapat kembali ke keadaan semula, maka perubahan ini disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi dan besarnya berbeda-beda tergantung pada jenis pati dan konsentrasinya (Winarno, 1991)



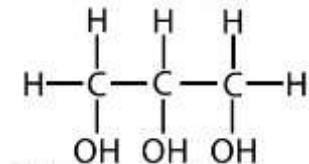
Gambar 2.1 Struktur rantai molekul (a) Amilosa (b) Amilopektin

Penelitian tentang pati sebagai bahan baku plastik telah dilakukan mulai dari penggunaan pati alami, pati termodifikasi, dan pati termoplastis untuk ditambahkan ke baik pada *biodegradable plastic* dan *non-biodegradable plastic*. Pemilihan proses atas pati didasarkan pada produk akhir yang ingin dicapai. Selain itu penambahan pati dalam pembuatan plastik juga ditujukan untuk

meminimisasi biaya produksi (Fabunmi et al. 2007). Potensi penggunaan pati sebagai bioplastik berkisar 85-90% dari pasar bioplastik yang ada, termasuk polimer asam laktat yang diproduksi melalui fermentasi pati. Diantara bioplastik tersebut menggunakan pati alami dan modifikasinya dalam bentuk campuran polimer sintetik. *Starch-based plastic* merupakan penggunaan pati dalam memproduksi bioplastik dengan keuntungan yaitu harga murah, jumlah berlimpah dan dapat diperbaharui (Vilpoux dan Averous, 2006).

#### 2.4 Gliserol sebagai *Plasticizer*

Gliserol merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290°C. Gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya, banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol, oleh karena itu gliserol merupakan jenis pelarut yang baik (Yusmarlela, 2009). Struktur kimia gliserol dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Kimia Gliserol

*Plasticizer* adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah

kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut (Mujiarto, 2005). Gliserol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekuler (Kirk dan Othmer, 2012)

## 2.5 Tongkol Jagung

Jagung merupakan komoditas utama pertanian di Indonesia. Produksi jagung Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Menurut survei Badan Pusat Statistik (BPS), produktivitas jagung Indonesia pada tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton, sedangkan pada tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton. Produk jagung yang dijual dipasaran menyisakan limbah tongkol jagung yang pemanfaatannya masih sangat kurang, yaitu untuk pakan ternak, dibakar, dan dibuang. Produksi jagung terdiri dari 40-50% limbah yang berupa tongkol jagung (Richana, 2007). Komposisi kimia tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi tongkol jagung

No.	Kandungan	Jumlah (%)
1.	Air	9
2.	Selulosa	41
3.	Hemiselulosa	26
4.	Xilan	18
5.	Lignin	6

(Shofianto, 2008)

Tongkol Jagung merupakan limbah berlignoselulosa, yang memiliki komponen lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang dominan. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama yaitu lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Menurut Richana (2007) tongkol jagung merupakan bahan berlignoselulosa (kadar serat 38,99%), sedangkan menurut Shofianto (2008) kandungan selulosa tongkol jagung adalah yang terbesar yaitu 41%. Sehingga besarnya kandungan lignoselulosa terutama selulosa dalam tongkol jagung, menyebabkan tongkol jagung berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*.

Selain selulosa, kandungan lignin dan hemiselulosa jumlahnya cukup tinggi dalam tongkol jagung. Lignin memiliki sifat sebagai pengikat selulosa dan hemiselulosa. Oleh karena itu didalam proses ekstraksi selulosa, bagian terpenting adalah pengurangan atau penghilangan lignin yang disebut proses delignifikasi. Apabila lignin sebagai pengikat hilang, maka komponen lainnya yaitu hemiselulosa dan selulosa menjadi terlepas. Hemiselulosa akan larut dengan penambahan NaOH, karena pada dasarnya hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali (Hermiati, 2010). Proses delignifikasi dipengaruhi oleh kondisi pemasakan meliputi : konsentrasi larutan, suhu, tekanan, dan waktu proses (Musrawati, 2007).

## 2.6 Selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier. Selulosa tidak mudah larut karena strukturnya yang linier dan bersifat semikristalin. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzaple *et.al*, 2003). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan

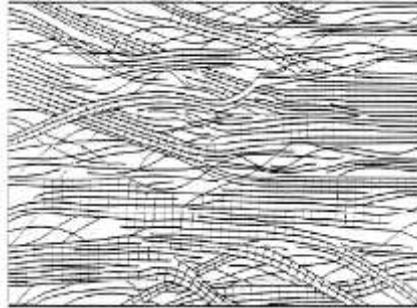
pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Lehninger, 1993).

Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras. Sifat kuat dan keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membuat bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat (Fan *et al.*, 1982).

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa NaOH 17,5%, selulosa dapat dibedakan menjadi 3 yaitu : Selulosa Alpha adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500. Selulosa Beta adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan. Selulosa Gamma, sama dengan selulosa Beta, namun DPnya kurang dari 15 (Laurentius, 2013).

Dengan adanya ikatan hidrogen yang terbentuk, maka struktur selulosa dapat tersusun secara teratur dan membentuk daerah kristalin. Di samping itu, juga terbentuk rangkaian struktur yang tidak tersusun secara teratur yang akan membentuk daerah nonkristalin atau amorf. Semakin tinggi *packing density*-nya maka selulosa akan berbentuk kristal, sedangkan semakin rendah *packing density* maka selulosa akan berbentuk amorf. Derajat kristalinitas selulosa dipengaruhi oleh sumber dan perlakuan yang diberikan. Rantai-rantai selulosa akan bergabung menjadi satu kesatuan membentuk mikrofibril, bagian kristalin akan bergabung dengan

bagian nonkristalin. Mikrofilbril-mikrofilbril akan bergabung membentuk fibril, selanjutnya gabungan fibril akan membentuk serat (Klemm, 1998). Model fibril selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.3.

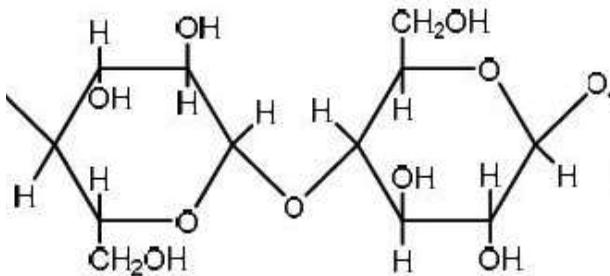


Gambar 2.3. Model Fibril Selulosa (Klemm 1998)

Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut sumbernya dan biasanya berkaitan dengan bahan-bahan seperti air, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Selulosa yang diperoleh dari kayu memerlukan proses yang panjang untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Selulosa juga dapat dihasilkan dari serat tanaman seperti tongkol jagung, rambut biji dari *Cochlospermum planchonii* (Ohwoavworhua dan Adedokun, 2005), dan ampas tebu (Sun, dkk., 2004).

Sebagai bahan baku kimia, selulosa telah digunakan dalam bentuk serat atau turunannya selama sekitar 150 tahun (Habibi, dkk., 2010). Untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa dibuat dalam berbagai turunannya diantaranya turunan ester dan eter. Ester selulosa banyak digunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa sebagai pengikat dan bahan tambahan untuk mortir khusus atau kimia khusus untuk bangunan dan konstruksi juga stabilisator viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga merupakan

bahan dasar dalam pembuatan kertas. Seratnya mempunyai kekuatan dan durabilitas yang tinggi. Jika dibasahi dengan air, menunjukkan pengembangan ketika jenuh, dan juga higroskopis. Bahkan dalam keadaan basah, serat selulosa alami tidak kehilangan kekuatannya (Zugenmaier, 2008). Struktur kimia selulosa dapat diamati pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur kimia selulosa

Turunan selulosa telah digunakan secara luas dalam sediaan farmasi seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa, dan dalam bentuk lainnya yang digunakan dalam sediaan oral, topikal, dan injeksi. Sebagai contoh, karboksimetil selulosa merupakan bahan utama dari Seprafilm™, yang digunakan untuk mencegah adesi setelah pembedahan. Baru-baru ini, penggunaan selulosa mikrokristal dalam emulsi dan formulasi injeksi semipadat telah dijelaskan. Penggunaan bentuk-bentuk selulosa dalam sediaan disebabkan sifatnya yang inert dan biokompatibilitas yang sangat baik pada manusia (Jackson, dkk., 2011).

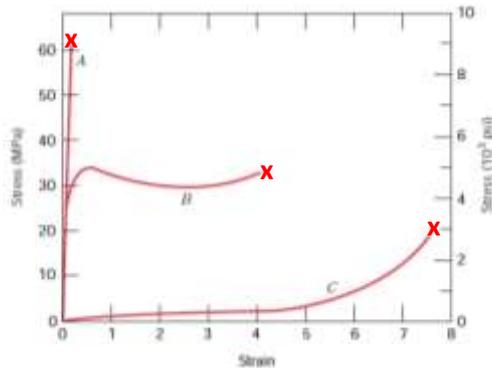
## 2.7 Karakteristik sifat mekanik

Sifat mekanik sangat diperlukan peranannya dalam melindungi produk dari faktor-faktor mekanis seperti tekanan fisik

(jatuh dan gesekan), adanya getaran, serta benturan antar bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan/distribusinya. Sifat mekanik ini tergantung pada jenis bahan pembentuknya, terutama sifat kohesinya. Sifat ini merupakan hasil kemampuan polimer untuk membentuk ikatan-ikatan molekul yang kuat dan kokoh. Kekuatan tarik timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan (Van Vlack, 1991).

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan. Kekuatan tarik menggambarkan ketegangan maksimum spesimen untuk menahan gaya yang diberikan (Billmeyer, 1984). Hal tersebut didukung dengan pernyataan dari Stevens (2007), kuat tarik sebagai ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu contoh rusak atau putus. Kekuatan tarik diukur dengan menarik polimer pada dimensi yang seragam. Tegangan tarik ( $\sigma$ ) adalah gaya yang diaplikasikan ( $F$ ) dibagi dengan luas penampang ( $A$ ), sedangkan perpanjangan tarik ( $\epsilon$ , elongation) adalah perubahan panjang contoh yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan (Billmeyer, 1984).

Elastisitas didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Peristiwa ini disebut juga deformasi elastis. Deformasi elastik terjadi bila logam atau bahan padat dibebani gaya. Bila tegangan tersebut disebabkan oleh gaya tarik maka benda akan bertambah panjang, setelah gaya ditiadakan benda akan kembali ke bentuk semula (Van Vlack, 1991). Bila hanya ada deformasi elastik, maka regangan sebanding dengan tegangan. Perbandingan antara tegangan ( $\sigma$ ) dengan regangan elastik ( $\epsilon$ ) disebut modulus elastisitas atau modulus young. Berikut kurva tegangan dan regangan dari polimer ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Garfik perbandingan tegangan dan regangan pada polimer (a) polimer getas/*brittle* (b) polimer elastik (c) polimer elastomer

Kekuatan polimer sendiri tergantung pada laju peregangan, temperatur, dan kehadiran sejumlah bahan kimia seperti pelarut dan oksigen. Kekuatan polimer dapat diukur pada tegangan saat mengalami *fracture* atau patah, yaitu pada poin x di Gambar 2.5.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam menyiapkan sampel pada penelitian ini adalah kertas saring, tisu, neraca digital, spatula, gelas ukur, gelas beker. Sedangkan untuk bahan yang digunakan untuk ekstraksi tongkol jagung pada proses pre-hidrolisis, *delignifikasi* adalah NaOH, NaOCl, dan aquades. Kemudian untuk pembuatan film plastik *biodegradable* digunakan pati dan gliserin. Untuk karakterisasi sampel digunakan uji Spektrofotometer Uv-Vis dan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) untuk mengamati kandungan selulosa yang didapatkan dari ekstraksi. Selain itu dilakukan juga uji DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*) untuk mengamati sifat mekanik film plastik *biodegradable* yang dibuat.

### **3.2 Prosedur Kerja**

#### **3.2.1 Milling Tongkol Jagung**

*Milling* tongkol jagung dilakukan untuk mendapatkan serbuk tongkol jagung halus. Hal ini dilakukan karena reaksi tercepat dalam proses hidrolisis terjadi pada ukuran bahan yang kecil. Semakin kecil ukuran bahan, semakin cepat pula reaksinya. Hal ini sejalan dengan teori tumbukan, semakin banyak tumbukan dalam larutan terjadi, semakin cepat pula laju reaksinya. Hasil dari penggilingan tersebut adalah serbuk tongkol jagung ukuran 1mm seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Serbuk Tongkol Jagung 1mm

### **3.2.2 Ekstraksi Selulosa**

#### **3.2.2.1 Pre-Delignifikasi**

Serbuk tongkol jagung yang berasal dari hasil penggilingan mengandung bahan-bahan ekstraktif. Bahan-bahan tersebut termasuk pengotor dengan karakteristik mudah larut dalam air. Serbuk tongkol jagung yang didapat ditambahkan aquades sebanyak 1:20, kemudian dipanaskan suhu 100°C selama 3 jam. Setelah itu refluk disaring untuk mendapatkan padatan dan dioven hingga kering.

#### **3.2.2.2 Delignifikasi**

Tongkol jagung memiliki tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Hermiati, 2010). Untuk memisahkan selulosa dari hemiselulosa dan lignin, dua komponen tersebut harus dilarutkan dan endapan selulosanya diambil. Serbuk tongkol jagung hasil pre-hidrolisis dilarutkan dalam NaOH 15%, 20%, dan 25% berat. NaOH dapat menurunkan kadar lignin, sehingga apabila lignin sebagai pengikat hilang maka dua

komponen lainnya hemiselulosa dan selulosa menjadi terlepas, dengan adanya NaOH maka hemiselulosa akan larut (Laurentius, 2013). Kemudian dipanaskan suhu 200°C selama 30-90 menit. Setelah itu refluk difiltrasi untuk mendapatkan padatan. Padatan dicampur larutan NaOCl 3,5% berat dan *aquades* (perbandingan *aquades* dan larutan NaOCl 3,5% berat adalah 1:1). Kemudian didihkan selama 10 menit dilanjutkan penyaringan, pencucian, dan dioven hingga kering. Tahapan ini dilakukan untuk mereduksi sisa lignin yang masih tertinggal dalam sampel. Kemudian padatan dicuci hingga bersih. Hasil yang didapat dioven hingga kering. Hasil yang didapat berupa serbuk kering alpha-selulosa.

### **3.2.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable***

Pembuatan film plastik dilakukan dengan memasukkan air 60 ml ke dalam gelas beker dan ditambahkan pati sebanyak 10 gram. Kemudian, larutan pati dipanaskan dengan menggunakan *magnetic stirrer hotplate* pada suhu 70°C, selama 15 menit, hingga terbentuk gelatin. Setelah itu campurkan pati 3 gram dengan bahan-bahan tambahan plasticizer dan filler. Dalam penelitian ini, digunakan gliserin sebanyak 0,5 gram dan selulosa tongkol jagung dengan variasi 0%, 30%, dan 50% berat. Larutan kembali dipanaskan dan diaduk hingga 10 menit. Larutan yang telah tergelatinisasi dituang dalam cetakan kaca kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 1x24jam. Metode yang digunakan dalam pembuatan film adalah metode *solution casting* dengan penguapan pelarut (Made Dani & Lizda, 2012).

### **3.3 Metode Karakterisasi**

#### **3.3.1 Karakterisasi Alpha-Selulosa dengan FTIR**

Karakterisasi Alpha-Selulosa dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) sangat diperlukan. Sampel berupa serbuk yang didapatkan setelah proses sintesis yang melalui beberapa tahap, sehingga perlu adanya konfirmasi unsur-unsur yang mungkin hilang atau terdapat pada sampel di setiap tahapannya. FTIR merupakan instrumentasi yang menggunakan radiasi sinar inframerah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Misalkan dalam percobaan berupa molekul senyawa kompleks yang ditembak dengan energi dari sumber sinar yang akan menyebabkan molekul mengalami vibrasi. Vibrasi dapat terjadi karena energi yang berasal dari sinar inframerah tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi pada molekul senyawa yang ditembak dimana besarnya energi vibrasi tiap atom berbeda-beda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkan sehingga dihasilkan frekuensi yang berbeda pula.

#### **3.3.2 Karakterisasi Alpha-Selulosa dengan Spektrofotometri Uv-Vis**

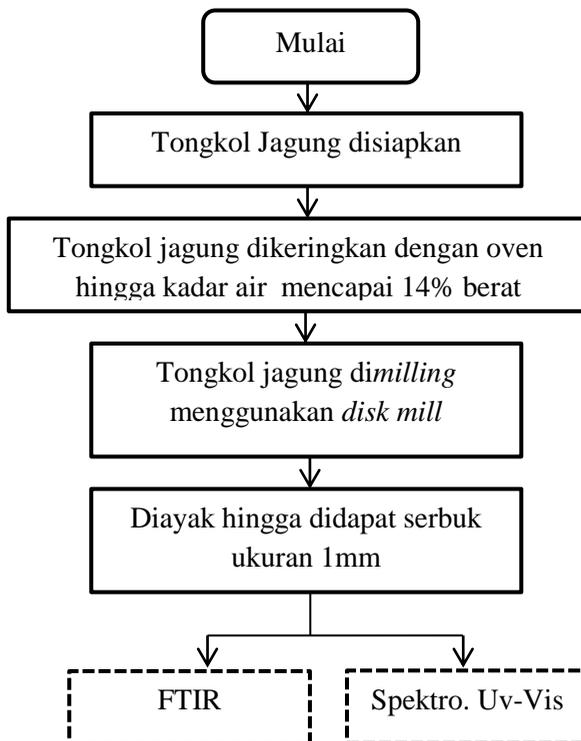
Karakterisasi alpha-selulosa menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis dilakukan untuk analisis kuantitatif alpha-selulosa yang telah diekstrak. Tujuan analisa kuantitatif adalah untuk mendapatkan metode terbaik yang dapat menghasilkan kemurnian alpha-selulosa tertinggi dalam penelitian ini. Kuantitas yang diukur adalah berupa konsentrasi. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang alpha-selulosa yang digunakan adalah sekitar 635nm.

### 3.3.3 Karakterisasi Film Plastik *Biodegradable* dengan DMA

Karakterisasi film plastik menggunakan *Dynamic Mechanical Analysis* dilakukan untuk mengukur sifat mekanik bahan. Alpha-selulosa yang telah diekstrak akan digunakan sebagai *filler* film plastik *biodegradable*, sehingga pengukuran sifat mekanik sebagai analisa kualitatif sangat dibutuhkan.

## 3.4 Diagram Alir Penelitian

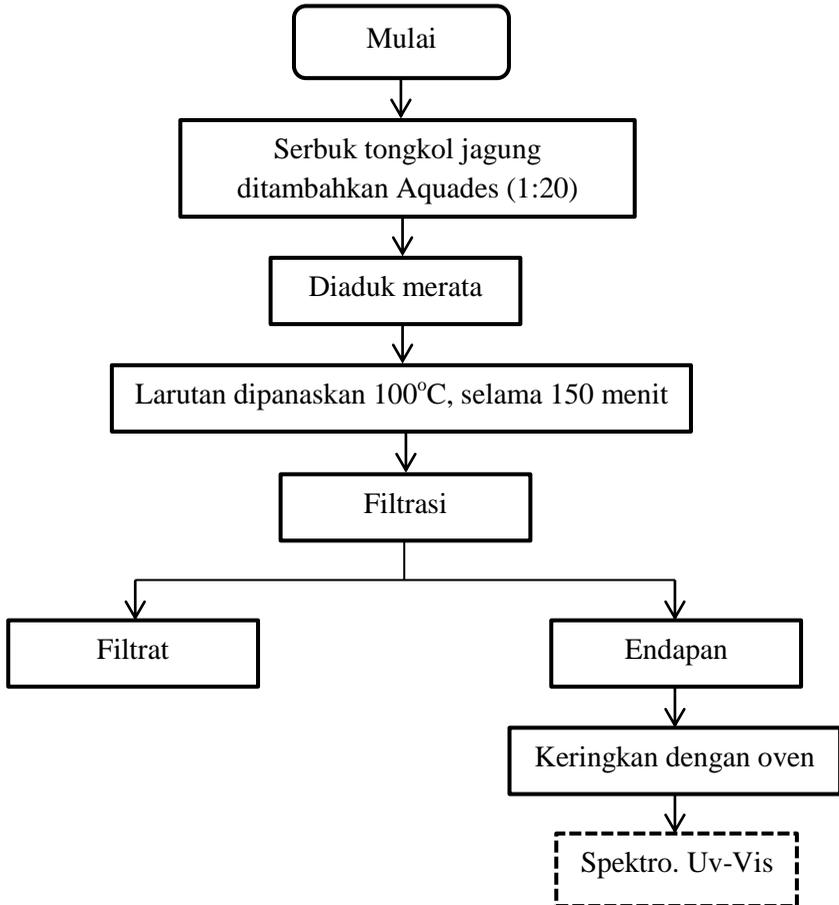
### 3.4.1 *Milling* Tongkol Jagung



Gambar 3.2 Diagram Alir *milling* tongkol jagung

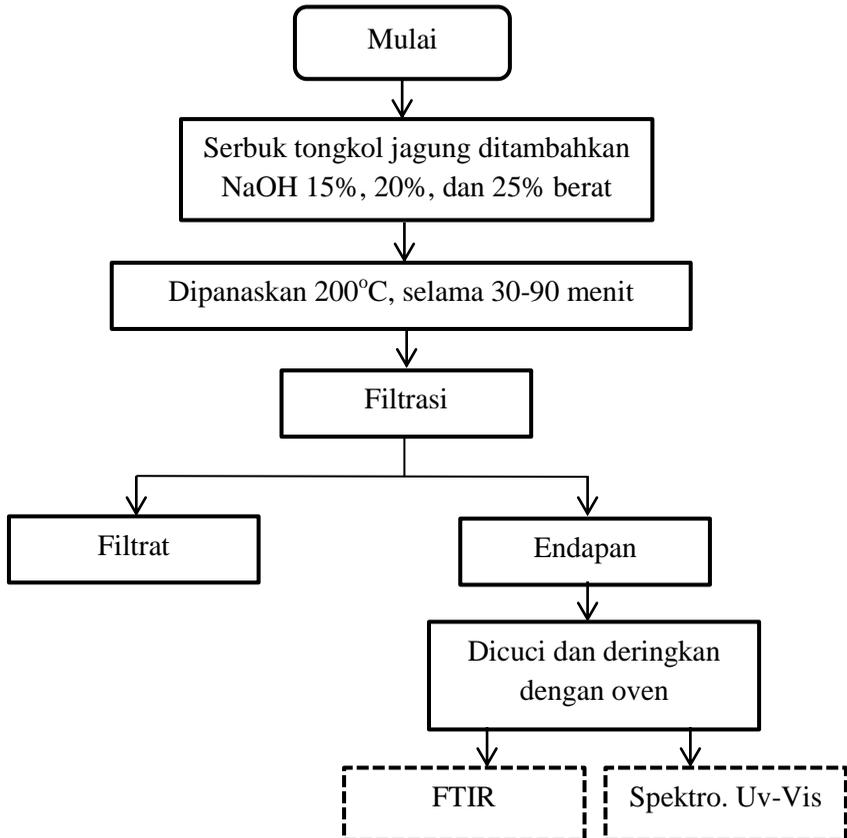
### 3.4.2 Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung

#### 3.4.2.1 Pre-Delignifikasi



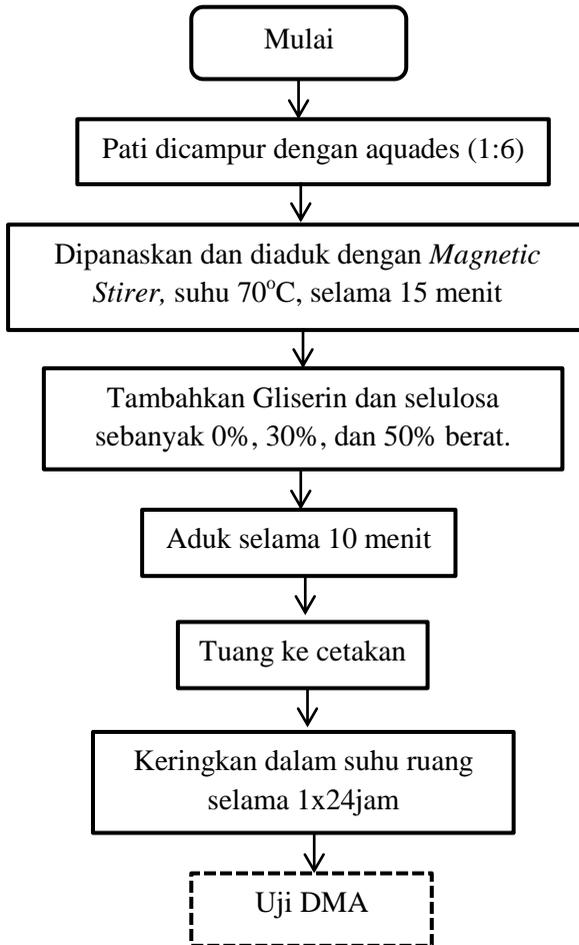
Gambar 3.3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi

### 3.4.2.2 Delignifikasi



Gambar 3.4 Diagram Alir Delignifikasi

### 3.4.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

## BAB IV HASIL & PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Kandungan Tongkol Jagung

Produksi jagung di Indonesia merupakan yang terbesar dalam peran Indonesia sebagai negara agraris. Sebanyak 18,51 juta ton jagung diproduksi pada tahun 2013. Produksi jagung terdiri dari 40-50% limbah yang berupa tongkol jagung (Richana, 2007). Tongkol jagung adalah termasuk limbah berlignoselulosa yaitu memiliki kandungan selulosa, lignin, dan hemiselulosa yang tinggi. Kandungan selulosa yang tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi produk biopolimer seperti plastik *biodegradable*.

Tabel 4.1 Komposisi kimia tongkol jagung

No	Kandungan	Jumlah (%)
1	Air	9
2	Selulosa	41
3	Hemiselulosa	26
4	Xilan	18
5	Lignin	6

(Shofianto, 2008)

Dari data pada Tabel 4.1, kandungan unsur lain selain selulosa seperti hemiselulosa dan lignin cukup tinggi. Sehingga, perlu dilakukan ekstraksi selulosa dengan menghilangkan unsur-unsur lainnya. Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan lignin dan hemiselulosa. Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa. Fibril-

fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat karakteristik fisik tongkol jagung bersifat kuat dan keras (Fan et al., 1982). Struktur berkristal dan adanya lignin dan hemiselulosa merupakan hambatan utama dalam mengekstraksi selulosa.

#### **4.2 Analisis Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung**

Ekstraksi selulosa pada percobaan ini dilakukan dengan dua tahap yaitu pre-delignifikasi dan delignifikasi. Pre-delignifikasi dilakukan dengan tujuan mereduksi bahan-bahan ekstraktif dalam serbuk tongkol jagung. Bahan-bahan ekstraktif adalah bahan-bahan yang mudah larut dalam air dan termasuk pengotor dalam percobaan ini, karena selulosa yang akan diekstrak bersifat kuat, keras, dan tidak mudah larut (Fan et al., 1982). Sehingga dapat dipastikan bahan-bahan ekstraktif tersebut bukan termasuk selulosa, terbukti dengan hasil uji Spektrofotometri Uv-Vis yang menunjukkan peningkatan %wt selulosa setelah pre-delignifikasi, seperti pada Tabel 4.2. Setelah itu dilakukan tahap delignifikasi untuk mereduksi unsur lignin dalam serbuk tongkol jagung. Pereduksian lignin dimaksudkan untuk memutus ikatan antara hemiselulosa dan selulosa, sehingga hemiselulosa dapat terlarut dalam larutan NaOH dan terpisah dengan endapan selulosa. Tahapan ini mampu meningkatkan %wt selulosa dengan mereduksi unsur lignin dan hemiselulosa, dengan hasil uji Spektrofotometri Uv-Vis seperti pada Tabel 4.2.

Pada Tabel 4.2 dapat diamat hasil pengujian kandungan unsur selulosa tongkol jagung menunjukkan hasil yang berbeda dengan hasil penelitian Shofianto (2008). Hal tersebut dikarenakan serbuk tongkol jagung yang diuji kemungkinan masih banyak mengandung bahan-bahan

eksternal akibat dari kurang terisolasinya tahap penggilingan. Penggilingan dilakukan di pabrik penggilingan bertempat di Sidoarjo dengan menggunakan mesin *Diskmill*, dengan keadaan lokasi yang kurang terisolasi oleh lingkungan eksternal.

Tabel 4.2 Jumlah alpha-selulosa pada setiap ekstraksi selulosa serbuk tongkol jagung

No	Tahapan	Alpha-selulosa (%wt)
1	Tongkol Jagung sebelum perlakuan	35,09
2	Pre-Delignifikasi	37,52
3	Delignifikasi	68,15

Selain itu, Tabel 4.2 juga berisikan data-data mengenai hasil setiap tahapan ekstraksi selulosa. Data-data yang didapatkan berupa %wt selulosa pada tahap pre-delignifikasi dan delignifikasi, dimana pada setiap tahapannya mengalami penambahan. Pertambahan tersebut sesuai dengan tujuan dari metode yang dilakukan. Tahapan pre-delignifikasi dapat meningkatkan %wt selulosa hingga 2,43% yaitu dari 35,09% menjadi 37,52%. Hal tersebut menandakan serbuk tongkol jagung mengandung 2,43% bahan-bahan ekstraktif, yang berhasil direduksi pada tahap pre-delignifikasi. Jumlah tersebut hampir mendekati hasil penelitian Zugenmaier (2008), yaitu bahan ekstraktif tongkol jagung sebanyak 5%. Hilangnya bahan-bahan ekstraktif diakibatkan larutnya bahan-bahan tersebut dalam air saat proses pre-delignifikasi, hal ini juga sesuai dengan pernyataan Sulistya (2008). Setelah pre-delignifikasi, unsur-unsur yang tersisa pada serbuk tongkol jagung adalah hemiselulosa, lignin, dan selulosa. Lignin

bersifat sebagai pengikat/perekat kedua komponen lainnya. Oleh karena itu didalam proses pengambilan selulosa faktor yang terpenting adalah proses pengurangan atau penghilangan lignin. Sehingga perlu dilakukan tahapan berikutnya yaitu delignifikasi.

Delignifikasi adalah proses untuk mereduksi lignin dalam suatu larutan. Apabila lignin sebagai pengikat hilang maka dua komponen lainnya hemiselulosa dan alpha-selulosa menjadi terlepas, dengan adanya NaOH maka hemiselulosa akan larut. Pada tahapan delignifikasi yang telah dilakukan menggunakan variasi konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan didapatkan sembilan sampel yang mana hasil terbaik didapatkan %wt selulosa sebanyak 68,15%. Dari tahap semula %wt selulosa 37,52% bertambah menjadi 68,15%. Sehingga didapatkan data berupa penambahan %wt selulosa sebanyak 30,63% dengan adanya tahap delignifikasi. Sehingga dari keseluruhan metode ekstraksi selulosa yang dilakukan mendapatkan hasil yang positif.

Selulosa yang didapatkan pada tahap delignifikasi adalah termasuk jenis alpha-selulosa. Karena berdasarkan kelarutan dalam senyawa NaOH 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu: Alpha selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) 600-1500. Beta-selulosa adalah selulosa berantai pendek, larut dalam NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90. Gamma-selulosa sama dengan beta-selulosa, namun DPnya kurang dari 15 (Laurentius, 2013). Alpha-selulosa yang didapatkan berupa serbuk berwarna putih kekuningan seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Alpha-selulosa hasil ekstraksi

Alpha-selulosa yang didapatkan adalah sejumlah sembilan sampel yang berasal dari tahap delignifikasi dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi NaOH 15%, 20%, dan 25% berat, sedangkan waktu yang digunakan adalah 30, 60, dan 90 menit. Setelah berhasil mengekstrak alpha-selulosa, dilakukan pengujian secara dengan instrumen Spektrofotometri Uv-Vis.

#### **4.2.1 Hasil Analisa Kuantitatif Spektrofotometri Uv-Vis**

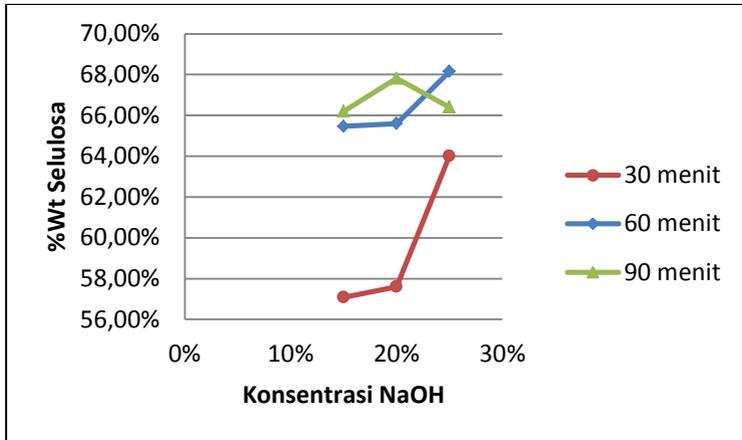
Setelah dilakukan pengujian secara kuantitatif dengan instrumen Spektrofotometri Uv-Vis terhadap sampel alpha-selulosa hasil delignifikasi, diketahui bahwa kemurnian unsur selulosa dalam sampel kandungannya dominan dibandingkan unsur lain, dimana sembilan sampel yang diuji memiliki kuantitas unsur yang hampir sama, sedangkan karakteristik fisik dari kesembilan sampel ini juga relatif sama dari sisi bentuk dan warna. Namun perbedaan terlihat pada data yang didapatkan dari hasil pengujian, yaitu seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuantitatif alpha-selulosa dengan menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis

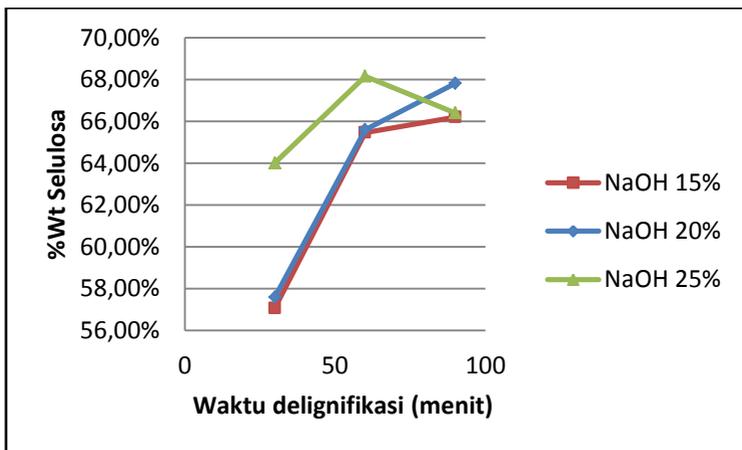
<b>Waktu Delignifikasi (Menit)</b>	<b>Konsentrasi NaOH (% w/v)</b>		
	15	20	25
	Kandungan alpha-selulosa (% wt)		
<b>30</b>	57,08	57,60	64,01
<b>60</b>	65,46	65,60	68,15
<b>90</b>	66,20	67,81	66,40

Dari data Tabel 4.3, untuk mengetahui kinerja konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan terhadap peningkatan %wt selulosa secara lebih jelas, maka dibuatlah grafik. Pada Gambar 4.2 dan 4.3 menyajikan grafik yang menyatakan hubungan antara komponen konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan terhadap %wt selulosa.

Proses delignifikasi dipengaruhi kondisi pemasakan meliputi: konsentrasi larutan pemasak, suhu, tekanan dan waktu pemasakan (Musrawati, 2007). Pada Gambar 4.2 dapat diamati bahwa %wt selulosa besarnya berbanding lurus terhadap konsentrasi NaOH. Semakin besar konsentrasi NaOH yang digunakan sebagai pereaksi delignifikasi, maka semakin besar pula %wt selulosa yang didapatkan. Sama halnya dengan waktu delignifikasi, semakin lama waktu pemasakan, maka semakin besar pula %wt selulosa yang didapat seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan Konsentrasi NaOH dan % Wt Selulosa.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan Waktu Delignifikasi dan % Wt Selulosa.

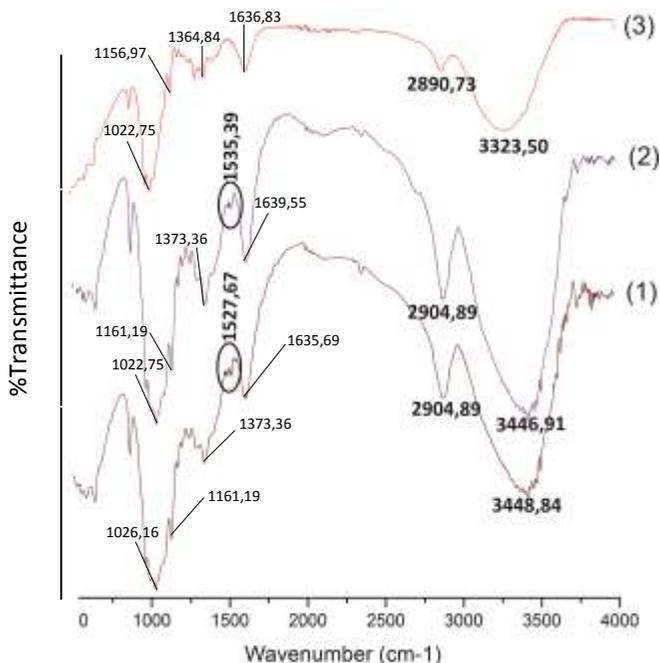
Namun terjadi anomali pada konsentrasi NaOH 25% berat dan waktu delignifikasi 90 menit yang menunjukkan penurunan kandungan selulosa. Hal ini diakibatkan oleh kelarutan hemiselulosa dalam larutan NaOH menjadi

berkurang. Berkurangnya kelarutan ini akibat dari terlalu banyaknya konsentrasi NaOH dan waktu delignifikasi yang terlalu lama sehingga menyebabkan volume air bebas semakin sedikit. Sebagian air sudah digunakan untuk NaOH melarut, dengan konsentrasi yang tinggi, maka sisa air bebas akan semakin sedikit. Penguapan yang terjadi akibat lamanya waktu pemanasan menjadi faktor semakin berkurangnya air bebas dalam larutan. Volume air bebas yang sedikit tersebut tidak mampu melarutkan hemiselulosa secara maksimal atau sudah jenuh. Hal ini didukung oleh teori kelarutan, yang diartikan sebagai konsentrasi bahan terlarut dalam suatu larutan jenuh pada suatu suhu tertentu. Apabila suatu pelarut pada suhu tertentu melarutkan semua zat terlarut sampai batas daya melarutkannya, larutan ini disebut larutan jenuh. Sehingga pada delignifikasi variasi optimal adalah dengan konsentrasi NaOH 25% berat dengan waktu 60 menit.

#### **4.2.2 Hasil Analisa Kualitatif FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)**

Setelah dilakukan analisa secara kuantitatif dibutuhkan adanya data pendukung untuk mengkonfirmasi data tersebut, sehingga dilakukan pengujian FTIR sebagai analisa kualitatif. Pengujian dilakukan pada enam sampel alpha-selulosa, tiga sampel untuk variasi konsentrasi NaOH seperti pada Gambar 4.4 dan tiga lainnya untuk variasi waktu delignifikasi seperti pada Gambar 4.5. Dari pengujian tersebut didapatkan spektrum dengan lembah-lembah struktural dari setiap sampel yang berbeda-beda. Lembah-lembah dari spektrum tersebut menandakan gugus-gugus fungsi yang berbeda-beda untuk setiap panjang gelombang. Untuk meninjau dari sisi senyawa kimia, maka dilakukan analisa gugus fungsi yang terdapat didalam sembilan sampel alpha-selulosa yang telah diuji.

Secara umum kesembilan sampel memiliki gugus-gugus fungsi yang sama, beberapa contoh gugus fungsi yang didapatkan dari Gambar 4.4 disajikan pada Tabel 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan spektrum FTIR alpha-selulosa variasi konsentrasi, waktu delignifikasi 60 menit, dengan(1) NaOH 15% (2) NaOH 20% (3) NaOH 25%.

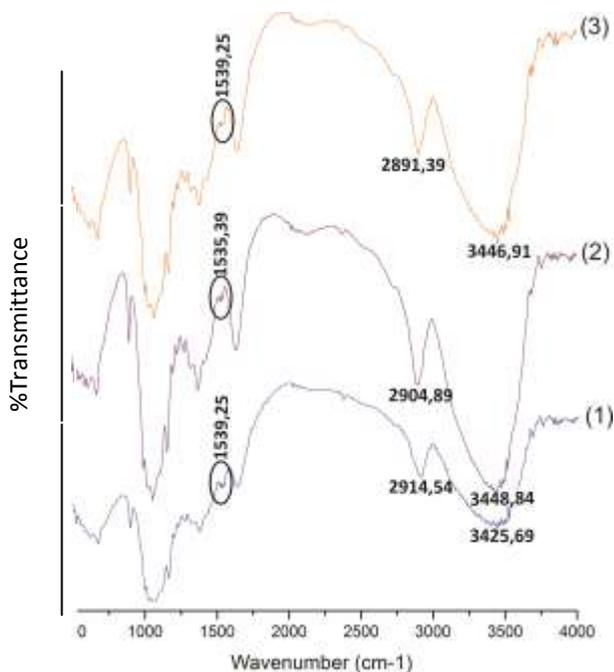
Dari Gambar 4.4 dapat diamati spektrum IR alpha-selulosa dengan tiga macam variasi konsentrasi pada waktu delignifikasi 60 menit. Terdapat lembah pada panjang gelombang 3448,84; 3446,91; dan 3323,50 $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan keberadaan gugus  $\text{-OH}$  yang berada pada rentang 3200-3500 $\text{cm}^{-1}$ . Selain itu, terdapat lembah 2904,89; 2904,89;

dan  $2890,73\text{cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan gugus C-H yang berada pada rentang  $2850-2970\text{cm}^{-1}$ . Gugus -OH dan C-H merupakan gugus fungsi utama selulosa, yang menunjukkan adanya kandungan selulosa pada variasi NaOH 15%, 20%, dan 25%. Hal ini sesuai dengan hasil uji Spektrofotometri Uv-Vis yang menunjukkan adanya kandungan selulosa %wt pada variasi tersebut berturut-turut sebesar 65,46; 64,60; dan 68,15. Perbedaan antara spektrum satu dengan yang lainnya ditunjukkan pada lembah dengan panjang gelombang 1527,67 dan 1535,39 dimana pada spektrum variasi NaOH 25% tidak menunjukkan lembah pada rentang tersebut. Panjang gelombang pada rentang tersebut menunjukkan keberadaan gugus C=C pada cincin aromatik lignin.

Tabel 4.4 Data lembah gugus fungsi yang muncul pada Alpha selulosa variasi NaOH 15%, 20%, dan 25% dengan waktu 60 menit

Referensi (*)	Alpha selulosa variasi waktu 60 menit			Jenis Ikatan / Gugus Fungsi
	NaOH 15%	NaOH 20%	NaOH 25%	
3200-3500	3448,84	3446,91	3323,5	O-H (Strech)
2850-2970	2904,89	2904,89	2890,73	C-H (Streching)
1550-1700	1635,69	1639,55	1636,83	C=C (Streching)
1350-1470	1373,36	1373,36	1364,84	C-H (Alkana)
1127-1190	1161,19	1161,19	1156,97	C-O-C (Strech)
900-1200	1026,16	1022,75	1022,75	C-O-C, C-O (Polysaccharides)
1500-1600	1527,67	1535,39	-	C=C (cincin aromatik Lignin)

Referensi (\*): Grube et al. (1999)

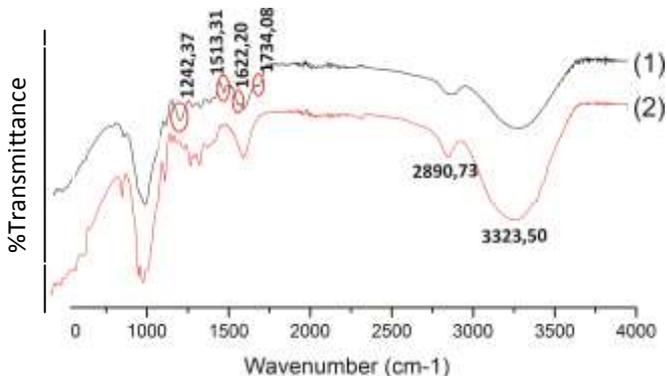


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan spektrum FTIR alpha-selulosa variasi waktu delignifikasi, konsentrasi NaOH 20%, dengan (1) 30 menit (2) 60 menit (3) 90 menit.

Sedangkan pada Gambar 4.5 dapat diamati spektrum IR alpha-selulosa pada tiga macam variasi waktu delignifikasi 30, 60, dan 90 menit dengan konsentrasi NaOH 20%. Sama halnya dengan Gambar 4.4, spektrum pada variasi ini menunjukkan adanya gugus  $-OH$  pada rentang  $3200-3500\text{cm}^{-1}$  dan gugus  $C-H$  pada rentang  $2850-2970\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya kandungan selulosa. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian kandungan selulosa %wt pada Tabel 4.3 variasi waktu delignifikasi 30, 60, dan 90 menit berturut-turut sebesar 57,60; 64,60; dan 67,81. Perbedaan yang ada pada setiap grafik pada ketinggian lembah gugus fungsi

dengan panjang gelombang 1539,25 dan 1535,39 dimana lembah tersebut menunjukkan gugus C=C lignin. Ketinggian lembah panjang gelombang tertinggi adalah pada variasi waktu delignifikasi 30 menit. Sedangkan yang terendah adalah pada waktu 90 menit. Hal ini menandakan bahwa kandungan lignin pada variasi waktu 30 menit adalah yang tertinggi, dan diikuti variasi 60 menit, serta 90 menit. Hal tersebut terbukti dari Tabel 4.3 kandungan selulosa pada variasi 30 menit lebih sedikit dibanding variasi waktu 60 dan 90 menit, karena semakin tinggi kadar lignin, menunjukkan semakin rendah kandungan selulosa pada sampel dan sebaliknya semakin rendah kadar lignin, maka kandungan selulosa akan semakin tinggi.

Setelah itu dilakukan pengamatan pada spektrum FTIR serbuk tongkol jagung sebelum dan sesudah perlakuan. Pengujian FTIR dilakukan pada serbuk tongkol jagung sebelum perlakuan yaitu setelah proses *milling* dan pada alpha-selulosa kemurnian tertinggi yaitu dengan variasi konsentrasi NaOH 25%, dalam waktu delignifikasi 60 menit. Hasil perbandingan disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan spektrum FTIR (1) serbuk tongkol jagung *milling* atau sebelum perlakuan (2) serbuk tongkol jagung setelah perlakuan atau alpha selulosa.

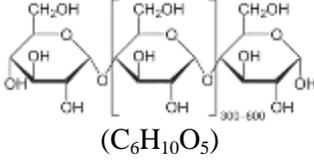
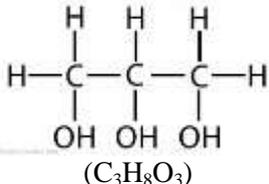
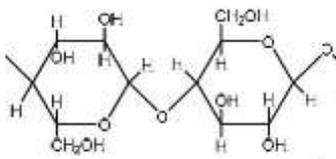
Pada Gambar 4.6 dapat diamati perbedaan antara spektrum (1) dan (2) yaitu pada spektrum (1) terdapat lembah pada panjang gelombang  $1734,08\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan keberadaan lignin dan hemiselulosa (Thiripura dan Ramesh, 2012). Hemiselulosa juga ditunjukkan oleh lembah dengan panjang gelombang  $1622,20\text{cm}^{-1}$ . Pada lembah  $1242,37\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus fungsi lignin. Lembah pada panjang gelombang  $1513,31\text{cm}^{-1}$  juga menunjukkan adanya gugus C=C pada cincin aromatik lignin. Sedangkan pada spektrum (2) tidak menunjukkan lembah dengan rentang gugus lignin dan hemiselulosa. Hal ini menunjukkan bahwa impuritas berupa hemiselulosa dan lignin dari tongkol jagung telah direduksi dengan menggunakan perlakuan pada percobaan ini hingga diperoleh selulosa dengan kemurnian tinggi yaitu 68,15%. Setelah mendapatkan alpha-selulosa dilakukan pembuatan produk biopolimer berupa film plastik *biodegradable*. Pembuatan film plastik ini bertujuan untuk menganalisis kinerja alpha-selulosa tongkol jagung terhadap produk biopolimer sekaligus mengetahui pemanfaatannya

### 4.3 Analisis Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

Film plastik biodegradable dibuat dengan menggunakan metode *solution casting* dengan penguapan pelarut. Film plastik yang dibuat menggunakan bahan utama pati. Pati yang dipanaskan akan mengalami gelatinisasi dan dengan proses pengeringan untuk menguapkan pelarut, akan membentuk film yang stabil. Metode ini disebut *solution casting*. Pada penelitian ini, pati dipanaskan pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit hingga mengalami gelatinisasi. Karakteristik gel yang terbentuk adalah berwarna bening. Setelah itu dengan metode *solution casting* gel dituang ke dalam cetakan kaca dan dikeringkan dalam suhu ruang. Gel akan membentuk film

plastik setelah dikeringkan selama 1x24 jam. Ketebalan lapisan gel setelah mengering dengan dibandingkan sebelum mengering mengalami pengurangan. Hal ini disebabkan menguapnya pelarut yang dalam penelitian ini menggunakan *aquades*.

Tabel 4.5 Karakteristik material penyusun film plastik *biodegradable*

Material	Struktur Kimia	Karakteristik
		Sifat
Pati	 $(C_6H_{10}O_5)$	<i>Stabilizer</i> , perekat, dapat mengalami gelatinisasi (Heny, 2010), tergelatinisasi optimal suhu 70°C (Pepita, 2014)
Gliserin	 $(C_3H_8O_3)$	Larut dalam air, <i>plasticizer</i> dalam pembuatan plastik (Afiifah, 2015)
Selulosa	 $(C_6H_{10}O_5)$	Tidak larut dalam air, sulit terdegradasi (Holtzapple <i>et.al</i> 2003), <i>biodegradable</i> atau dapat diuraikan oleh aktivitas mikroorganismenya (Sukumaran <i>et.al</i> 2005), kuat dan keras (Fan <i>et al.</i> , 1982)

Pembuatan film plastik berbasis pati memiliki banyak kekurangan diantaranya kekuatan tarik dan mulur yang lemah. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan penambahan gliserin sebagai *plasticizer* dan selulosa tongkol jagung sebagai *filler*. Karakteristik dari setiap bahan dasar disajikan pada Tabel 4.4.

Pada penelitian ini dibuat tiga variasi film plastik, yaitu digunakan kandungan selulosa tongkol jagung dengan perbandingan 0%, 30%, dan 50% berat. Setelah itu, dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan instrumen DMA (Dynamic Mechanical Analysis) untuk mengamati kekuatan tarik setelah penambahan selulosa tongkol jagung. Ketiga variasi tersebut akan dibandingkan dengan plastik konvensional dengan merk dagang Gajah. Plastik konvensional yang digunakan adalah jenis Polietilena atau PE. Plastik jenis ini dalam kehidupan sehari-hari disebut kantong plastik dengan jumlah produksi sangat besar mencapai 80 juta metrik ton setiap tahunnya. Perbandingan ini dilakukan untuk mendapatkan analisa kualitatif film plastik yang telah dibuat jika dibandingkan dengan plastik umum yang ada di pasaran.

#### **4.3.1 Hasil Analisis Film Plastik *Biodegradable* dengan DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*)**

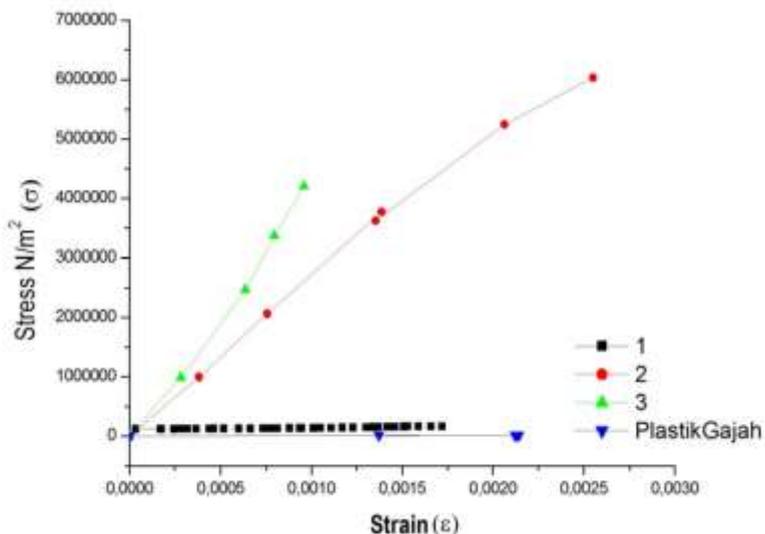
Film plastik yang akan diuji dipotong persegi panjang sebesar 2 x 0.5 cm, sesuai dengan spesifikasi sampel yang dibutuhkan instrumen DMA. Dalam pengujian, DMA diatur agar memberikan input tekanan maksimal 100 N pada suhu ruang. Pada penelitian ini sampel film plastik yang dihasilkan memiliki ketebalan 0,21mm. Dari hasil uji tarik DMA akan didapatkan data berupa stress ( $\sigma$ ) dan strain ( $\epsilon$ ). Perbandingan antara tegangan ( $\sigma$ ) dengan regangan elastik ( $\epsilon$ ) disebut modulus elastisitas (modulus Young), dikenal juga dengan

Hukum Hooke. Dari hasil pengujian didapatkan data modulus elastisitas seperti pada Tabel 4.5.

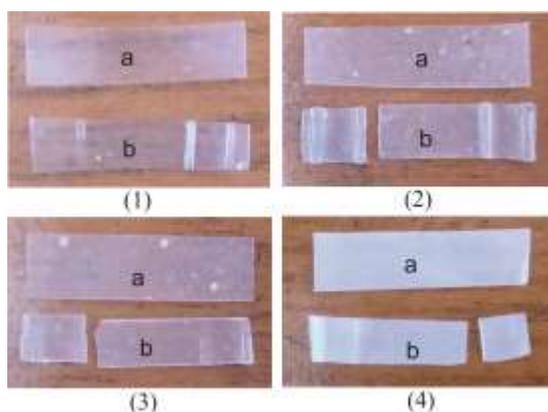
Tabel 4.6 Modulus Elastisitas hasil pengujian DMA

<b>No</b>	<b>Variasi Plastik</b>	<b>Modulus</b>
<b>1</b>	Film 1	97 MPa
<b>2</b>	Film 2	2.400 Mpa
<b>3</b>	Film 3	4.400 Mpa
<b>4</b>	PlastikGajah	10 Mpa

Pada Tabel 4.6, Film 1 adalah film plastik dengan penambahan selulosa 0% berat, film 2 dengan penambahan selulosanya 30% berat, film 3 dengan penambahan selulosa 50% berat. Pada film 3 memiliki modulus elastisitas tertinggi yaitu 4.400 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang dapat diterima oleh film 3 adalah yang tertinggi, sedangkan sebaliknya pada plastik film 1, modulus elastisitas yang didapat adalah yang terendah dibandingkan sampel film plastik lainnya yang telah dibuat yaitu 97MPa. Pada film 3 penambahan selulosa adalah yang terbanyak dibandingkan sampel lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan selulosa dapat meningkatkan kekuatan tegangan film plastik. Dengan meningkatnya kekuatan tegangan, maka modulus elastisitas juga akan meningkat, karena kekuatan tegangan dan modulus elastisitas besarnya sebanding. Untuk lebih jelas dalam mengamati sifat mekanik film plastik maka dari data yang telah diperoleh dibuat grafik perbandingan antara tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) seperti pada Gambar 4.7. Selain itu, perubahan yang terjadi pada sampel film plastik sebelum dan setelah dilakukan pengujian diamati pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Grafik kurva modulus elastisitas atau perbandingan tegangan dan regangan pada film dengan penambahan selulosa (1) 0%, (2) 30%, (3) 50%, dan (PlastikGajah) Plastik konvensional merk dagang Gajah



Gambar 4.8 Foto sampel film plastik sebelum dan sesudah DMA, dimana (a) sebelum dan (b) sesudah (1)Film 1:0, (2)Film 1:3, (3)Film 1:6, dan (PlastikGajah) Plastik konvensional merk gajah.

Gambar 4.7 menunjukkan karakteristik film plastik saat diberi tegangan dan regangan yang diukur dari tegangan yang diberikan. Pada masing-masing sampel terlihat titik-titik yang menandakan pengukuran. Pada sampel (1) titik yang terbentuk lebih banyak dibandingkan sampel (2), dan (3). Hal tersebut dikarenakan sampai titik batas beban yang diberikan (100N), sampel belum mengalami patah seperti pada Gambar 4.8. Sedangkan pada sampel (2), (3) telah mengalami patah sebelum batas beban yang diberikan. Sehingga titik-titik pengukuran yang didapatkan sedikit. Patahan yang terbentuk dapat diamati dari Gambar 4.8. Hal ini menunjukkan bahwa plastik film 3 sifatnya lebih getas dibandingkan plastik film 1 dan 2. Pada film 3 penambahan selulosa adalah yang terbanyak dibandingkan sampel lain. Penambahan selulosa secara efektif akan meningkatkan kekuatan tegangan namun sifat material akan lebih getas (*brittle*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Irwan dan Putu (2012) dimana pada komposit meningkatnya derajat kristalinitas maka karakteristik mekanikalnya akan berubah dari elastis menjadi kaku dan getas. Karakteristik selulosa adalah kuat dan keras karena struktur selulosa dapat tersusun secara teratur dan membentuk daerah kristalin (Klemm, 1998). Oleh karena itu, penambahan selulosa akan meningkatkan struktur kristalin komposit plastik, sehingga sifatnya akan lebih getas. Namun penambahan selulosa secara efektif mampu meningkatkan kekuatan tegangan dan modulus elastisitas plastik *biodegradable*.

Selain melakukan pengamatan pada film plastik *biodegradable* yang telah dibuat, pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan pada plastik konvensional merk dagang Gajah. Modulus elastisitas plastik konvensional dapat diamati pada Tabel 4.6 nomor 4, yang menunjukkan nilai 10 MPa. Jika

dibandingkan dengan plastik *biodegradable* yang telah dibuat, modulus elastisitas yang didapatkan lebih tinggi. Sehingga dari segi kualitas kekuatan tarik, film plastik yang telah dibuat lebih tinggi kualitasnya dibandingkan plastik konvensional merk dagang Gajah. Hal tersebut juga dikonfirmasi dari Gambar 4.8 yang menunjukkan patahnya plastik konvensional setelah dilakukan pengukuran DMA.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang berjudul “Pembuatan Plastik *Biodegradable* Berbahan Dasar Selulosa dari Tongkol Jagung” didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Ekstraksi selulosa tongkol jagung dengan kandungan alpha-selulosa tertinggi didapat sebesar 68,15 % wt dengan variasi konsentrasi NaOH 25%, dengan waktu delignifikasi selama 60 menit.
2. Penambahan selulosa dapat meningkatkan modulus elastisitas. Pada film plastik dengan penambahan selulosa 0%, 30%, dan 50% berat secara berturut-turut modulus elastisitasnya, yaitu 97MPa, 2.400MPa, dan 4.400 MPa.

#### **5.2 Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan plastik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, serta dilakukan perbandingan terhadap plastik konvensional. Penambahan bahan-bahan lain untuk menambah kualitas plastik *biodegradable* juga sangat disarankan demi pengembangan kedepannya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Banks, W. dan C. T. Greenwood. 1975. "Starch Its Component". Halsted Press, John Willey and Sons, New York.
- Billmeyer, F. W. Jr. 1984. "Text Book of Polymer Science". John Science and Sons Inc. New York.
- Cui, S. W., 2005, "Food Carbohydrates Chemistry, Physical Properties, and Aplication", CRC Press, Boca Raton, London, New York, Singapore.
- 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.
- Fabunmi, Oyeyemi O., Tabil L. G., Chang P. R., Panigrahi S. 2007. "Developing Biodegradable Plastics from Starch. Paper Number RRV07130, ASABE/CSBE North Central Intersectional Meeting. The American Society of Agricultural and Biological Engineers", St. Joseph, Michigan. [www.asabe.org](http://www.asabe.org). Tanggal Akses: 13 Maret 2008.
- Flieger, M., M. Kantorova, A. Prell, T. Rezanka, J. Votruba, 2003, "Review Biodegradable Plastics from Renewable Sources", Folia Microbiol. 48 (1), 27-44 (2003).
- Firdaus, F, 2008, "Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan Dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan

- Pemlastik Gliserol”, *Jurnal Penelitian & Pengabdian dppm.uui.ac.id*: 1-14.
- Huda, Thorikul, Feris Firdaus, 2007, “Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar”, *Logika*. Vol. 4, No. 2, Juli 2007.
- Hermiati E., 2010, “Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk produksi Bioetanol”, *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4).
- Holtzapple M.T, 1993, “Cellulose. In: *Encyclopedia of Food Science., Food Technology and Nutrition*, 2: 2731-2738”, Academic Press, London.
- Habibi, Y., 2010, “Cellulose Nanocrystal: Chemistry. Self-Assembly and Application”, *Chemistry Revisi*. 09:28-36.
- Kirk dan Othmer, 2012, “*Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 12, Edisi 4”, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Klemm, D., 1998, “*Comprehensive Cellulose Chemistry*”, Volume I. New York: Wiley-VCH.
- Lehninger, A.L., 1993, “*Dasar-dasar biokimia*. Jilid 1, 2, 3”, Erlangga, Jakarta.
- Mujiarto, Imam, 2005, “Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi”, Vol.3, No.2.
- Mahalik, N. P., 2009, “Processing and Packaging Automation Systems”, *A Review J.Sens & Instrumen, Food Qual.* 3:12-25.

- Ohwoavworhua, F., 2005, "Phosphoric Acid-Mediated Depolymerization and Decrystallization of  $\alpha$ -Cellulose Obtained from Corn Cob: Preparation of Low Crystallinity Cellulose and Some Physicochemical Properties", *Tropical journal of pharmaceutical Research*, 4: 509-516.
- Pradipta, I Made Dani Dan Mawarani Lizda Johar, 2012, "Pembuatan Dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang", *Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 1, No.1*, 2012.
- Richana N. dan Suarni, 2007, "Teknologi Pengolahan Jagung. In Sumarno et al. Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan", Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. P: 386-409.
- Sanjaya, G. L. dan Puspita L., 2010, "Pengaruh Penambahan Khitsan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sarka, Evzen, Zdenek Krulis, Jiri Kotek, Lubomir Ruzek, Anna Korbarova, Zdenek Bubnik dan Michaela Ruzkova, 2011, "Application of Wheat B- Starch in Biodegradable Plastic Materials", *Czech Journal of Food Science*, Vol. 29, 3:232-242.

- Susilowati, 2011, "Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Proses Hidrolisis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Fermentasi *Saccharomyces*".
- Shofianto, M.E., 2008, "Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran", Skripsi UGM.
- Shofianto, M.E., 2008, "Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran", Skripsi UGM.
- Sun, Y., Cheng, J., 2002, "Hydrolysis of Lignocellulose Material for Ethanol Production: a review", *Bioresource Technology*, Vol. 83 hal. 1-11.
- Thiripura, M. dan Ramesh, Atmakuru, (2012), "Isolation and Characterization of cellulose nanofibers from the aquatic weed water hyacinth", *Eichhornia crassipes*, *Journal of Carbohydrate Polymers*, 87(2012) 1701-1705.
- Van, V. 1991. "Ilmu dan Teknologi Bahan: Ilmu Logam dan Bukan Logam". Jakarta: Erlangga.
- Vilpoux O. dan L. Averous. 2006. "Starch-Based Plastics". *Latin American Starchy Tubers*.
- Winarno, F. G. 1988. "Teknologi Pengolahan Jagung. Di dalam: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (ed) *Jagung*". Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

- Yusmarlela, 2009, “Studi Pemanfaatan Plasticizer Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu”, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Zugenmaier, P., 2008, “Crystalline Cellulose and Derivatim Springer-Verlag”, Jerman.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# LAMPIRAN A

## HASIL PENGUJIAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS

**BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
**LABORATORIUM**  
**PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
**SURABAYA – JAWA TIMUR**

 **REPORT**

Certificate of Analysis

No : 06662/KI/V-2017  
Code : Penelitian  
Sample Sender : Bha.NIDA Firda ITS Surabaya  
Sample Name : Bahan selulosa  
Test : Selulosa  
Sample Brand :  
Sample Identify : Podatan serbuk keoklatan  
Sample Accepted : 17 Mei 2017

Chemical laboratory test result is :

Kode	Solusim, %
Alp selulosa, %	
Sampel 1, 30:	87,08
	60: 85,48
	90: 86,20
Sampel 2, 30:	87,60
	60: 85,80
	90: 87,81
Sampel 3, 30:	84,01
	60: 85,15
	90: 86,08

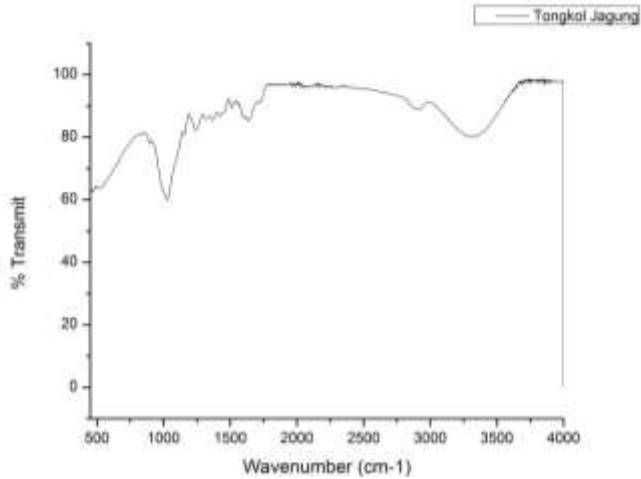
  
Surabaya, 17 Mei 2017  
Laboratory Researcher  
M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office 3, Kertitang Baru XVI no 14  
Telp 08155251337, Bank BCA – Bank Jatim  
Surabaya

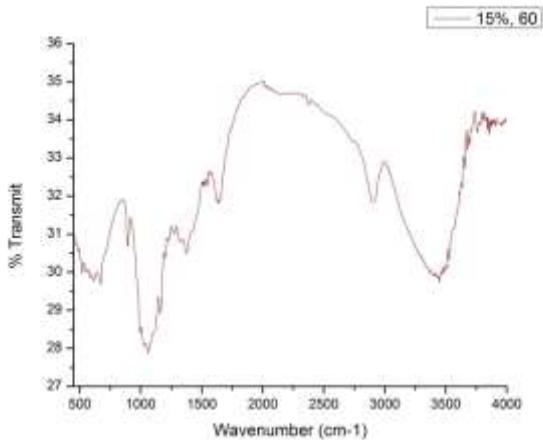
Gambar I Hasil pengukuran Spektrofotometri Uv-Vis untuk variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 15%, 20%, 25% dan waktu 30, 60, 90 menit.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

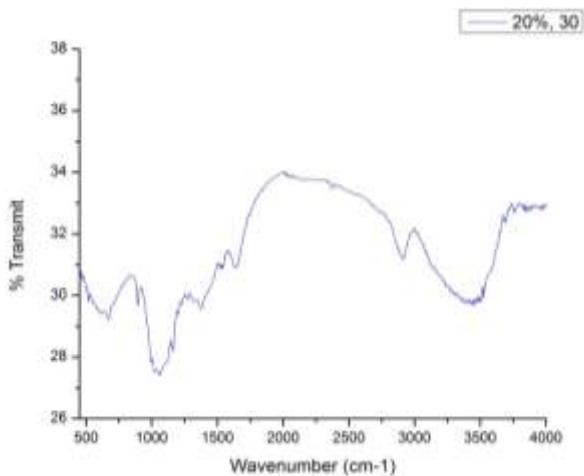
## LAMPIRAN B GRAFIK HASIL PENGUJIAN FTIR



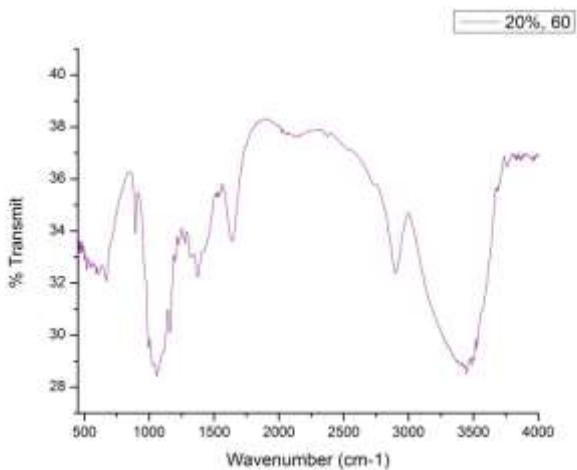
Gambar 1. Grafik FTIR Tongkol Jagung



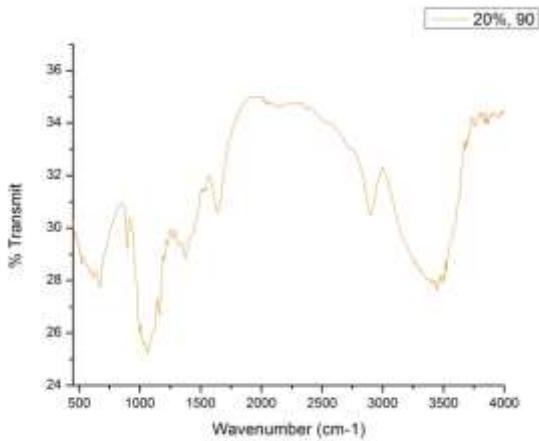
Gambar 2. Grafik FTIR variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 15% dan waktu 60 menit



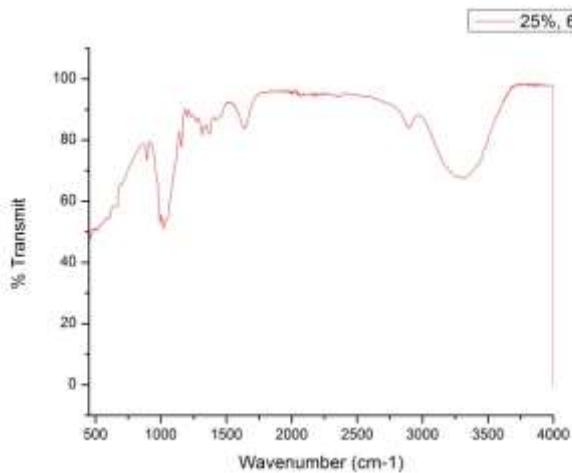
Gambar 3. Grafik FTIR variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 20% dan waktu 30 menit



Gambar 4. Grafik FTIR variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 20% dan waktu 60 menit



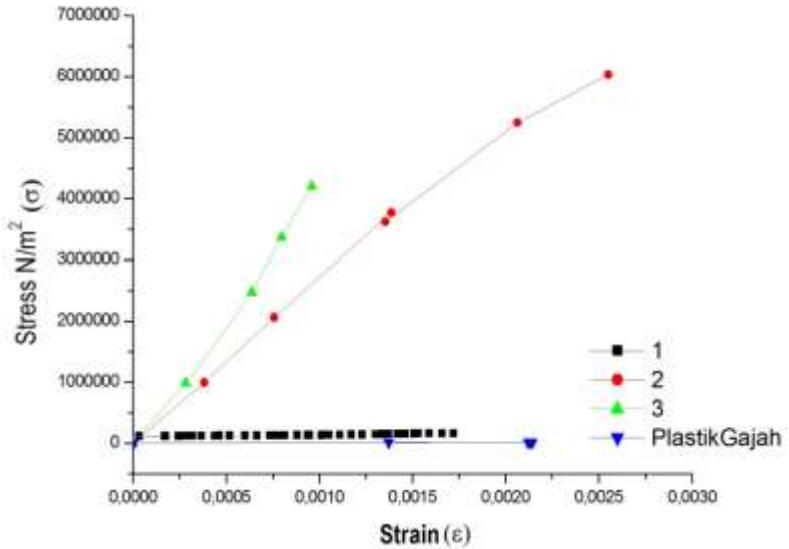
Gambar 5. Grafik FTIR variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 20% dan waktu 90 menit



Gambar 6. Grafik FTIR variasi delignifikasi dengan konsentrasi NaOH 25% dan waktu 60 menit

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN C GRAFIK HASIL PENGUJIAN DMA



Gambar 1. Grafik Uji Tarik DMA Film Plastik (1) Variasi gliserin dan selulosa 1:0 (2) Variasi gliserin dan selulosa 1:3 (3) Variasi gliserin dan selulosa 1:6 (PlastikGajah) Plastik konvensional Merk Gajah.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis “I Dewa Gede Agung Wiradipta” merupakan anak pertama dari 3 bersaudara yang lahir di Kota Surabaya pada 14 Desember 1994. Semasa kecil penulis menempuh pendidikan formal antara lain di TK Tunas Pertiwi, SDN Penjaringan Sari II, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 16 Surabaya.

Sejak SMA penulis tertarik untuk menggeluti bidang wirausaha. Namun, karena keterbatasan dan tuntutan berbagai pihak akhirnya penulis memutuskan untuk berkuliah di Fisika ITS. Semasa kuliah penulis aktif di kegiatan keorganisasian. Salah satu organisasi yang diikuti yaitu Himasika (Himpunan Mahasiswa Fisika). Berinteraksi, berorganisasi merupakan aktivitas yang digemari penulis semasa itu. Pengenalan dan kegiatan kewirausahaan yang kental di ITS, menyebabkan penulis semakin antusias untuk mengejar ketertarikannya semasa SMA yaitu wirausaha.

Akhirnya pada semester 2 penulis aktif dalam kegiatan-kegiatan wirausaha, seperti kompetisi kewirausahaan, seminar, maupun menjalani bisnis. Hingga akhir semester 10, penulis telah menggeluti 13 bisnis yang berbeda dalam rangka belajar. Penulis memiliki banyak motto hidup, salah satu favoritnya adalah “Harus jadi pengusaha”. Rencana kedepannya penulis akan terus menggeluti bidang wirausaha, dan belajar menjadi seorang pengusaha karena cita-cita penulis adalah menjadi pengusaha besar di Indonesia.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*