



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR  
MENGUNAKAN PENGUAT LOGAM ZnO  
DAN PENGUAT ALAMI KITOSAN**

**SKRIPSI**

**AHMAD ERFAN  
0906604483**

**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR  
MENGUNAKAN PENGUAT LOGAM ZnO  
DAN PENGUAT ALAMI KITOSAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**


**AHMAD ERFAN**

**0906604483**

**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Makalah Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ahmad Erfan  
NPM : 0906604483  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 29 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ahmad Erfan  
NPM : 0906604483  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Kitosan

Telah berhasil dipertajana hankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### Dewan Penguji

Pembimbing : Dr. Heri Hermansyah, S.T., M.Eng

Penguji : Dr. Muhamad Sahlan, S.Si., M.Eng

Penguji : Ir. Rita Arbianti, M.Si

Penguji : Ir. Yuliusman, M.Eng

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan makalah skripsi ini. Penulisan makalah skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penyusunan makalah ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan makalah skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Heri Hermansyah S.T,M.Eng dosen pembimbing skripsi dan pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan makalah skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M,Eng selaku ketua lab RPKA atas pengarahan, perhatian selama masa penelitian.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Kimia UI yang telah mengajar dan memberi saya wawasan sebagai mahasiswa teknik kimia.
5. Bu Nuryetti atas bimbingannya dalam menyusun makalah skripsi ini.
6. Kedua orang tua saya, Khudlori dan Siti Anisah, atas kasih sayang, perhatian, bantuan, doa, dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
7. Kakak – kakak saya, atas semua perhatian, motivasi, doa yang diberikan selama ini.
8. Sahabat serta rekan-rekan yang telah banyak membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan makalah skripsi ini
9. Adityo Nugroho dan Eldo Sudarto M sebagai teman seperjuangan dalam penelitian ini.
10. Teman-teman Lab. RPKA atas persahabatan, pemberian semangat, bantuan dan dukungannya selama ini dan selalu menemani di laboratorium RPKA.

11. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2009: Krisna, Ramli, Andhika, Susanto, Febri, Prima, dan yang lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas persahabatan, pemberian semangat, bantuan dan dukungannya selama penelitian ini.
12. Kang Jajat, Mang Ijal dan Mas Eko atas bantuan teknis dan kerjasamanya selama melakukan penelitian.
13. Mas Taufik, atas bantuannya dalam mencari literatur di perpustakaan serta Mas Sriyono dan Mas Mugeni yang membantu dalam administrasi.

Akhir kata, saya berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Depok, 14 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Erfan

NPM : 0906604483

Program Studi : Teknik Kimia

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR MENGGUNAKAN  
PENGUAT LOGAM ZnO DAN PENGUAT ALAMI KITOSAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagaipenulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2012

Yang menyatakan



(Ahmad Erfan)

## ABSTRAK

Nama : Ahmad Erfan  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Sintesis Bioplastik dari Ubi Jalar dengan Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Kitosan Alami

Masalah lingkungan dari pembuangan limbah plastik turunan minyak bumi telah menjadi isu penting karena sifatnya yang sulit diuraikan. Oleh karena itu, upaya telah dilakukan untuk mempercepat tingkat degradasi material polimer dengan mengganti beberapa atau seluruh polimer sintetis dengan polimer alami. Pati merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan untuk produksi material biodegradabel karena sifatnya yang mudah terdegradasi, melimpah, dan terjangkau namun memiliki kekurangan seperti kuatnya perilaku hidrofilik dan sifat mekanis yang lebih buruk. Untuk meningkatkan kekuatan mekanis pada pati, sejumlah kecil penguat berupa bahan anorganik dan organik ditambahkan ke dalam matriks polimer. Oleh karena itu, bioplastik disiapkan dengan percampuran pati ubi jalar sebagai matriks, gliserol sebagai pemlastis, dan ZnO sebagai penguat logam dan kitosan sebagai penguat alami dengan metode *melt intercalation*. Distribusi kitosan dari hasil SEM terbukti mempengaruhi FT-IR, XRD, sifat mekanis, dan biodegradabilitas bioplastik. Ketika penguat kitosan divariasikan dari 0, 1, 3, 6, 9 %wt kekuatan tarik meningkat dari 12,81 kgf/cm<sup>2</sup> menjadi 35,56 kgf/cm<sup>2</sup>; derajat elongasi menurun dari 43% menjadi 21,5%. Pada kombinasi penguat antara kitosan 9% dan ZnO 1% nilai kuat meningkat menjadi 40,03 kgf/cm<sup>2</sup>, derajatnya elongasi menurun menjadi 10,40. Untuk WVTR pada bioplastik dengan penambahan kitosan 9% adalah 11,7 g/m<sup>2</sup>.jam.

Kata kunci: *Keywords* : *Bioplastic, Sweet Potato, ZnO, Chitosan, Glycerol*



## ABSTRACT

Name : Ahmad Erfan  
Study Program : Chemical Engineering  
Tittle : Bioplastic Synthesis of Sweet Potato Using ZnO Metal and Chitosan Natural Reinforcement

Environmental problems from petroleum derivatives waste has become an important issue because of difficult to decomposed. So, the efforts have done for increasing degradation time through replacement of synthetic polymer with natural polymer. Starch is as one of natural polymers that can be used to produce biodegradable materials due to its characters that easily degraded, abundant, and affordable. However, starch has several disadvantages such as strong hydrophilic behavior and worse mechanical properties. To enhance the mechanical properties and barrier properties of starch, a small amount of reinforcement in the form of inorganic and organic materials are usually added to the polymer matrix. Thus, bioplastics were prepared by mixing a sweet potato starch, glycerol, and ZnO as metal reinforcement and chitosan as natural reinforcement by the melt intercalation method. Distribution of chitosan from SEM affected the studies of FTIR, XRD, mechanical properties, and biodegradabilities. When chitosan was varied from 0. 1. 3. 6. 9 wt%, tensile strength increased from 12.81 to 35.56 kgf/cm<sup>2</sup> while the degree of elongation decreased from 43% to 21.5% . In combination reinforcement chitosan 9% and ZnO 1% tensile strenght increased to 40.03 kgf/cm<sup>2</sup>, while the degree of elongation decreased 10.40 % . The WVTR in bioplastic with adding chitosan 9% is 11.7 g/m<sup>2</sup>.jam.

*Keywords : Bioplastic, Sweet Potato, ZnO, Chitosan, Glycerol*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI T</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Penelitian Batasan-batasan yang digunakan adalah :.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Plastik Biodegradabel.....	6
2.1.1 Penggolongan Plastik Biodegradable .....	7
2.2 Teknik Preparasi Bioplastik .....	9
2.3 Pati.....	11
2.3.1 Penggunaan Pati sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradabel.....	15
2.2.2 Gelatinisasi Pati .....	15
2.3.3. Pati Ubi Jalar .....	16
2.4. ZnO.....	18
2.5. Kitosan.....	19
2.6. Pemplastik .....	20
2.6.1. Gliserol Sebagai Plastiliser .....	21
2.6.2. Mekanisme Plastisasi .....	22
2.6.3. Teori Plastisasi.....	23
2.7. Karakterisasi Material .....	24
2.7.1 Karakterisasi XRD.....	24
2.7.2 Karakterisasi FT-IR .....	25

2.8. State of The Art .....	27
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
3.1 Alur Penelitian.....	30
3.2 Tempat Riset.....	33
3.3 Alat dan Bahan Percobaan .....	33
3.3.1 Alat alat utama : .....	33
3.3.2 Bahan percobaan .....	36
3.4. Prosedur Percobaan .....	37
3.4.1 Ekstraksi Pati.....	37
3.4.2 Prosedur Pembuatan Bioplastik .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1. Hasil Studi Kelayakan Pati Ubi Jalar Sebagai Matriks dalam Pembuatan Bioplastik.....	41
4.1.1. Hasil Persiapan Bahan .....	41
4.2. Penentuan Variasi Konsentrasi Penguat yang Optimum.....	43
4.2.1. Variasi Konsentrasi Penguat ZnO yang Optimum .....	43
4.2.2. Variasi Konsentrasi Kitosan yang Optimum .....	47
4.2.3. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan yang Optimum dengan ZnO .....	50
4.2.4. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan dengan ZnO dari Massa Kitosan yang Memiliki Sifat Mekanik yang Optimum.....	54
4.3. Hasil Karakterisasi Bioplastik .....	56
4.3.1. Hasil Analisa Sifat Mekanik .....	57
4.3.2. Hasil Analisa Morfologi .....	67
4.3.3. Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air (WVTR) .....	72
4.3.4. Uji Biodegradabilitas .....	73
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1. KESIMPULAN .....	77
5.2. SARAN .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> Siklus Produksi dan degradasi polimer biodegradabel (IBAW Publication,2005) .....	6
<b>Gambar 2. 2.</b> Klasifikasi plastik biodegradabel (Averous, 2008) .....	8
<b>Gambar 2. 3.</b> Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan Polimerisasi In Situ Interkalatif pada Nylon/clay nanocomposites (Ray et al., 2003). .....	9
<b>Gambar 2. 4.</b> Ilustrasi pembuatan bioplastik dengan <i>melt intercalation</i> .....	10
<b>Gambar 2. 5.</b> Struktur molekul dari kandungan pati (Wajira S. Ratnayake, 2009) .....	12
<b>Gambar 2. 6.</b> Ilustrasi proses gelatinisasi pati (Colonna et all., 1985 dalam Wajira S. Ratnayake, 2009) .....	16
<b>Gambar 2. 7.</b> Ubi jalar (Purnomo, 2007) .....	18
<b>Gambar 2. 8.</b> Struktur Kristal ZnO (Morkoç et al., 2009).....	18
<b>Gambar 2. 9.</b> Struktur kitosan (li 2008).....	19
<b>Gambar 2. 10.</b> Struktur gliserol (Sumber: Encyclopedia of chemical technology, 1998) .....	21
<b>Gambar 2. 11.</b> Ilustrasi operasi kerja FT-IR pada sampel (Thermo, 2001).....	26
<b>Gambar 3. 1.</b> Diagram alir penelitian .....	30
<b>Gambar 3. 2.</b> Ultrasonik processor .....	34
<b>Gambar 3. 3.</b> <i>Hot Plate</i> .....	34
<b>Gambar 3. 4.</b> Oven.....	34
<b>Gambar 3. 5.</b> Neraca Analitis .....	34
<b>Gambar 3. 6.</b> Peralatan glass laboratorium.....	35
<b>Gambar 3. 7.</b> Cetakan 20x20 cm .....	35
<b>Gambar 3. 8.</b> FT-IR .....	35
<b>Gambar 3. 9.</b> WVTR .....	35
<b>Gambar 3. 10.</b> Alat kuat tarik .....	36
<b>Gambar 3. 11.</b> Pati Ubi jalar .....	36
<b>Gambar 3. 12.</b> Partikel nano ZnO.....	36
<b>Gambar 3. 13.</b> Kitosan.....	36
<b>Gambar 3. 14.</b> Gliserol .....	37
<b>Gambar 3. 15.</b> Aliran proses pembuatan bioplastik .....	40
<b>Gambar 4. 1.</b> Ubi Jalar Putih.....	41
<b>Gambar 4. 2.</b> Hasil Ekstraksi Pati Ubi Jalar .....	42
<b>Gambar 4. 3.</b> Bioplastik dengan 0% ZnO, 25% gliserol .....	44
<b>Gambar 4. 4.</b> Bioplastik dengan 1% ZnO, 25% gliserol .....	44
<b>Gambar 4. 5.</b> Bioplastik dengan 3% ZnO, 25% gliserol .....	45
<b>Gambar 4. 6.</b> Bioplastik dengan 6% ZnO, 25% gliserol .....	46
<b>Gambar 4. 7</b> Bioplastik dengan 9% ZnO, 25% gliserol .....	46
<b>Gambar 4. 8.</b> Bioplastik dengan 1% Kitosan, 25% gliserol .....	48
<b>Gambar 4. 9.</b> Bioplastik dengan 3% Kitosan, 25% gliserol .....	48
<b>Gambar 4. 10.</b> Bioplastik dengan 6% Kitosan, 25% gliserol .....	49
<b>Gambar 4. 11.</b> Bioplastik dengan 9% Kitosan, 25% gliserol .....	50
<b>Gambar 4. 12</b> Bioplastik dengan 9% Kitosan + 1% ZnO, 25% gliserol .....	51

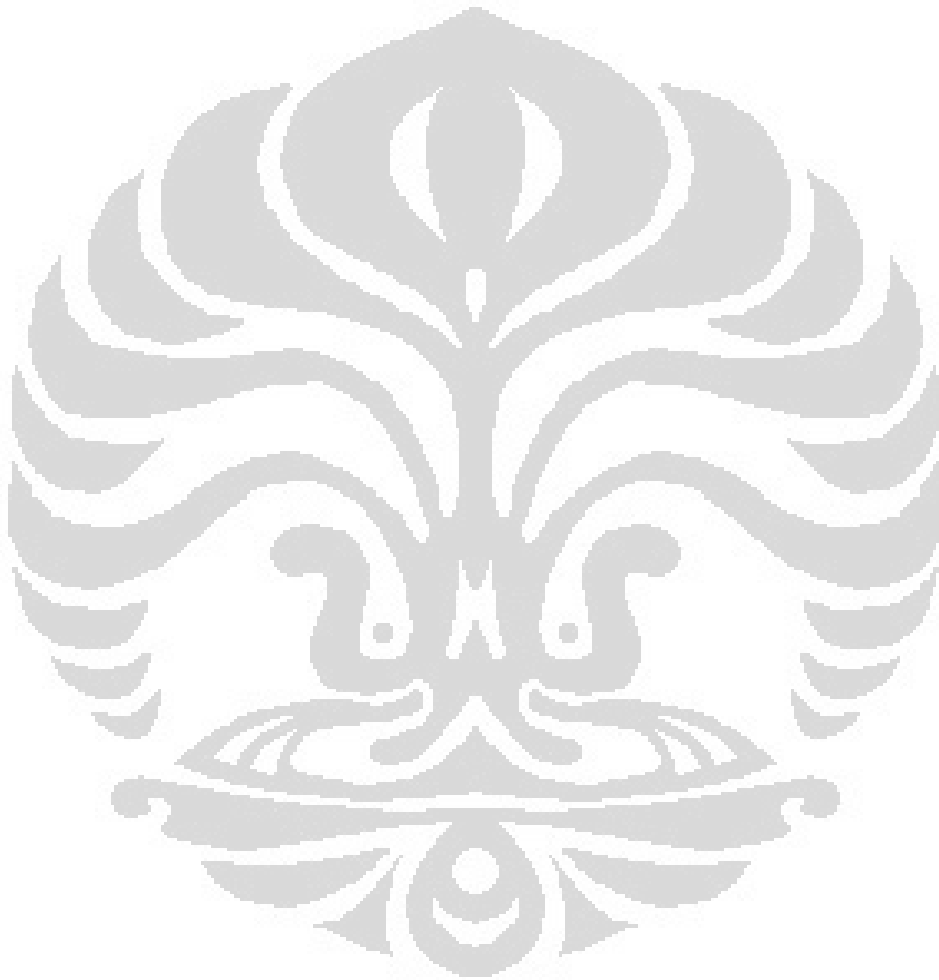
<b>Gambar 4. 13.</b> Bioplastik dengan 9% Kitosan + 3% ZnO, 25% gliserol .....	52
<b>Gambar 4. 14.</b> Bioplastik dengan 9% Kitosan + 6% ZnO, 25% gliserol .....	52
<b>Gambar 4. 15.</b> Bioplastik dengan 9% Kitosan + 9% ZnO, 25% gliserol .....	53
<b>Gambar 4. 16.</b> Bioplastik dengan 0.34gr Kitosan, 0.11gr ZnO.....	55
<b>Gambar 4. 17.</b> Bioplastik dengan 0.225gr Kitosan, 0.225gr ZnO.....	55
<b>Gambar 4. 18.</b> Bioplastik dengan 0.11 gr Kitosan, 0.34gr .....	56
<b>Gambar 4. 19.</b> Pengaruh konsentrasi ZnO terhadap <i>tensile strenght</i> dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ ZnO .....	58
<b>Gambar 4. 20.</b> Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit .....	61
<b>Gambar 4. 21.</b> Pengaruh kombinasi kitosan optimum dan ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit .....	63
<b>Gambar 4. 22.</b> Pengaruh kombinasi kitosan dan ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit .....	66
<b>Gambar 4. 23.</b> Hasil SEM dari bioplastik dengan konsentrasi Kitosan 9 wt% ...	67
<b>Gambar 4. 24.</b> Hasil SEM yang menunjukkan agregasi partikel kitosan pada bioplastik dengan variasi 9%wt kitosan.....	68
<b>Gambar 4. 25.</b> Spektrum FTIR kitosan, ubi jalar, bioplastik dengan 0% dan 9% kitosan .....	69
<b>Gambar 4. 26.</b> Pola XRD dari bioplastik dengan konsentrasi kitosan, Ubi jalar, Bioplastik dengan 9% kitosan.....	71
<b>Gambar 4. 27.</b> Ilustrasi prosedur pengujian WVTR yang mengacu pada ASTM E-96 M-05 .....	73
<b>Gambar 4. 28.</b> Bioplastik berukuran 2,5x1,5 cm sebagai sampel <i>soil burial test</i>	74
<b>Gambar 4. 29.</b> Biodegradabilitas dari bioplastik dengan variasi kitosan dan ZnO .....	76

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> Kandungan pati pada beberapa bahan pangan (Cui, 2005).....	11
<b>Tabel 2. 2.</b> Penelitian – penelitian mengenai bioplastik dengan pati sebagai matriks.....	14
<b>Tabel 2. 3.</b> Kandungan Gizi Ubi Jalar Setiap 100 gram Bahan yang Dapat Dimakan (Juanda dan Cahyono, 2000.....	17
<b>Tabel 2. 4.</b> State of the art riset group .....	28
<b>Tabel 2. 5.</b> State of the art bioplastik.....	29
<b>Tabel 4. 1.</b> kandungan pati ubi jalar.....	42
<b>Tabel 4. 2.</b> Hasil Pengujian PSA ( <i>Particel Size Analysis</i> ).....	43
<b>Tabel 4. 3.</b> Hasil uji sifat kuat tarik ( $\text{kgf/cm}^2$ ) dengan variasi konsentrasi ZnO ..	57
<b>Tabel 4. 4.</b> Hasil uji sifat elongasi dengan variasi konsentrasi ZnO .....	58
<b>Tabel 4. 5.</b> Hasil uji kuat tarik ( $\text{kgf/cm}^2$ ) dengan variasi konsentrasi kitosan.....	60
<b>Tabel 4. 6.</b> Hasil uji elongasi (%) dengan variasi konsentrsi kitosan.....	60
<b>Tabel 4. 7.</b> Hasil uji kuat tarik (%) dengan kombinasi kitosan yang optimum dan ZnO .....	63
<b>Tabel 4. 8.</b> Hasil uji elongasi (%) dengan kombinasi kombinasi kitosan yang optimum dan ZnO .....	63
<b>Tabel 4. 9.</b> Hasil uji kuat tarik (%) dengan kombinasi kitosan dan ZnO .....	65
<b>Tabel 4. 10.</b> Hasil uji elongasi (%) dengan kombinasi kitosan dan ZnO .....	65
<b>Tabel 4. 11.</b> Hasil uji biodegradabel bioplastik dengan penguat 9% kitosan.....	75
<b>Tabel 4. 12.</b> Hasil uji biodegradabel bioplastik dengan penguat 9% ZnO.....	75
<b>Tabel 5. 1.</b> Hasil pengujian sifat mekanik penguat ZnO, kitosan .....	77
<b>Tabel 5. 2</b> Hasil pengujian sifat mekanik dengan kombinasi penguat kitosan dan ZnO .....	78

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil pengujian kandungan dari pati ubi jalar.....	84
2. Hasil pengukuran partikel ZnO dengan PSA.....	85
3. Hasil uji kuat tarik dan elongasi.....	86
4. Hasil uji transmisi uap air.....	89
5. Hasil uji XRD.....	90
6. Frekuensi gugus infrared.....	93



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk akan menambah penggunaan sumber daya alam dan energi secara besar - besaran yang berakibat terciptanya sampah yang menumpuk dalam jumlah sangat besar. Pada tahun 2008, produksi tahunan berbahan polimer mencapai 180 juta ton, dengan rata – rata konsumsi plastik per kapita di negara-negara maju berkisar 80-100 kg per tahun (Gonzalez-Gutierrez,2010). Peningkatan yang cepat dalam produksi dan konsumsi plastik telah menyebabkan masalah serius terhadap sampah plastik, sehingga para ahli menyebutnya *white pollution*, yaitu bagaimana pencemaran ini diakibatkan oleh polutan putih (asap) terutama terdiri dari kantong plastik, gelas plastik, dan bahan plastik lainnya (Avella, 2009 ; David Plackett, 2003).

Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari umumnya berupa poliofelin (polietilen, polipropilen) karena mempunyai keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil, namun sulit terombak oleh mikroorganisme dalam lingkungan sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang sangat serius (Gonzales-Gutierrez, 2010). Dalam memecahkan masalah sampah plastik dilakukan beberapa pendekatan seperti daur ulang, teknologi pengolahan sampah plastik, dan pengembangan bahan plastik baru yang dapat hancur dan terurai dalam lingkungan yang dikenal dengan sebutan plastik biodegradabel. Plastik biodegradabel dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Avella, 2009). Berbeda dengan jenis polimer sintesis, polimer alami merupakan bahan dasar pembuatan plastik yang baik karena terjangkau dan cepat terdegradasi. Penggunaan material biodegradabel dari sumber daya alam yang dapat diperbarui sangat membantu mengurangi persentase limbah plastik. Oleh karena itu, beberapa upaya telah dilakukan untuk mempercepat tingkat degradasi material polimer dengan mengganti beberapa atau seluruh polimer sintesis dengan polimer alami dalam banyak aplikasi sebagai upaya untuk meminimalisasi masalah lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik (Aveila, 2009; Gonzalez-Gutierrez, 2010).



Pati merupakan salah satu polimer alami dari ekstraksi tanaman yang dapat digunakan untuk memproduksi material biodegradabel karena sifatnya yang ramah lingkungan, mudah terdegradasi, ketersediaan yang besar, dan terjangkau (Yihu Song, 2008; Gonzalez-Gutierrez, 2010; Sandra Domenek, 2004). Namun pati memiliki beberapa kekurangan seperti kuatnya perilaku hidrofilik dan sifat mekanis yang lebih buruk jika dibandingkan dengan polimer sintetis. Pati juga sebagian besar larut dalam air dan tidak dapat diproses melalui proses *melting* karena akan lebih dulu terdekomposisi sebelum mengalami proses gelatinisasi.

Untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan *barrier properties* pada pati, sejumlah pengisi (penguat) berupa bahan logam dan alami biasanya ditambahkan ke dalam matriks polimer. ZnO merupakan salah satu penguat logam yang menarik digunakan karena ZnO adalah keramik piezoelektrik dan bersifat antimikroba (Wang Z. L., 2007). Kitosan merupakan bahan alami yang juga digunakan sebagai penguat dimana kitosan bisa mengurangi kelembaban dari plastik sehingga makanan akan tersimpan lebih awet. (Lagaron, 2011) melaporkan bahwa *melt-intercalation* dari rantai poliaktida akan membentuk sudut inklinasi untuk masuk ke ruang bagian dalam lapisan (*host*) dari penguat sehingga akan mempermudah masuknya bahan pengisi ke dalam matriks polimer.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan bioplastik yang merupakan plastik biodegradabel. Banyak penelitian telah dilakukan untuk membuat bioplastik dengan berbagai polimer alami seperti protein, lemak, dan polisakarida (Averous, 2001; Rosentrater et. all, 2006; Siracusa et al., 2008). Penelitian-penelitian tentang bioplastik yang telah banyak dilaporkan terutama dari protein sebagai sumber matriksnya seperti *wheat gluten* (Domenek et al., 2004; Gomez-Martinez et al., 2009; Jerez et al., 2005; Sun et al., 2008) dan *egg albumen* (Jerez et all. 2007). Dalam penelitian ini, pati ubi jalar akan ditambahkan dengan penguat ZnO dan kitosan untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan ketahanan terhadap permeabilitas air bioplastik. Untuk metode yang digunakan adalah dengan metode *melt intercalation*. Namun, kesulitan dalam penggunaan polimer alami sebagai material adalah memerlukan bahan lain sehingga polimer dapat dibentuk sesuai keinginan. Untuk membentuk sifat plastis dari polimer alami maka diperlukan agen pemlastis (*plastilizer*). Pada umumnya, agen

pemlastis yang digunakan termasuk dalam kelompok poliol seperti gliserol, xilitol, dan sorbitol, pada penelitian ini digunakan agen pemlastis gliserol untuk mengoptimasi bioplastik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Saat ini, masalah lingkungan yang memerlukan banyak perhatian adalah pengelolaan dalam peningkatan sejumlah besar limbah padat plastik. Pemecahan masalah lingkungan dilakukan dengan membuat dan memproduksi plastik biodegradabel dengan berbagai macam cara. Penelitian mengenai pengembangan bioplastik berbasis pati pun telah dilakukan. Pati merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan untuk produksi material biodegradabel karena sifatnya yang mudah terdegradasi, ketersediaan yang besar, dan terjangkau. Namun, pati memiliki kekurangan seperti kuatnya perilaku hidrofilik dan sifat mekanis yang lebih buruk. Penggunaan partikel penguat telah dibuktikan dapat memperbaiki sifat mekanis dari material yang dihasilkan.

Dalam rangka untuk mengoptimasi pembuatan bioplastik dengan sifat mekanis yang lebih baik, maka penelitian ini mengusulkan berupa penggantian matriks bahan alam menggunakan pati ubi jalar dengan ditambahkan ZnO dan kitosan dengan pemlastis gliserol. Keberhasilan penelitian ini diharapkan menghasilkan plastik yang ramah terhadap lingkungan dan bisa membandingkan keoptimalan antara penguat logam oxide dengan penguat alami. Selain itu pemanfaatan pati ubi jalar sebagai bahan baku plastik juga dapat dijadikan peluang peningkatan ekonomi para petani ubi jalar.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

- Mendapatkan kondisi optimal yaitu konsentrasi dari masing – masing penguat yaitu ZnO dan kitosan.
- Membandingkan antara penguat logam oxide (ZnO) dengan penguat alami (kitosan) yang paling cocok pada percobaan pembuatan plastik biodegradabel dengan matriks pati ubi jalar.
- Kondisi proses optimum dari bioplastik akan diamati melalui pengamatan secara visual maupun melalui pengujian mekanik, morfologi dan

biodegradabel seperti kondisi larutan dan bioplastik yang terbentuk.

#### 1.4. Batasan Penelitian

**Batasan-batasan yang digunakan adalah :**

- Pembuatan bioplastik dilakukan dengan menggunakan ubi jalar sebagai matriks, ZnO dan kitosan sebagai penguat dan gliserol sebagai *plastilizer*.
- Gliserol yang digunakan merupakan gliserol proanalisis.
- Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *melt-intercalation*.
- Mengetahui karakteristik bioplastik dari tiap-tiap variasi yang dikerjakan yaitu karakterisasi berupa struktur, morfologi, dan sifat mekanis.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam makalah seminar ini adalah:

##### BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian pemanfaatan pati ubi jalar untuk pembuatan plastik biodegradabel.

##### BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan berbagai informasi yang didapatkan dari berbagai pustaka mengenai teori yang menjadi dasar penelitian ini seperti teori-teori tentang bioplastik, pati, penguat, pemlastis, *melt intercalation*, karakterisasi material, dan *state of the art* dari penelitian.

##### BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas mekanisme penelitian yang dimulai dengan kelayakan teknik pembuatan bioplastik yang terdiri atas dua pekerjaan yaitu studi literatur, persiapan penguat ZnO dan kitosan, percobaan awal pembuatan bioplastik. tahap selanjutnya adalah optimasi penambahan konsentrasi penguat ZnO dan kitosan. Tahap ketiga adalah karakterisasi berupa studi morfologi dengan SEM, XRD, dan FT-IR, studi mekanik, serta uji biodegradabilitas. Bab ini juga dijelaskan alat dan bahan dalam penelitian, serta prosedur penelitian pembuatan bioplastik.

#### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas hasil percobaan dan analisis data hasil pengamatan yang dimulai dari hasil studi kelayakan pati ubi jalar sebagai matriks dalam pembuatan bioplastik, dan hasil karakterisasi sifat mekanik, FT-IR, WVTR, XRD, SEM, dan uji biodegradabilitas.

#### BAB V : KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan hasil percobaan pembuatan dan karakterisasi bioplastik serta analisis data hasil pengamatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Plastik Biodegradabel

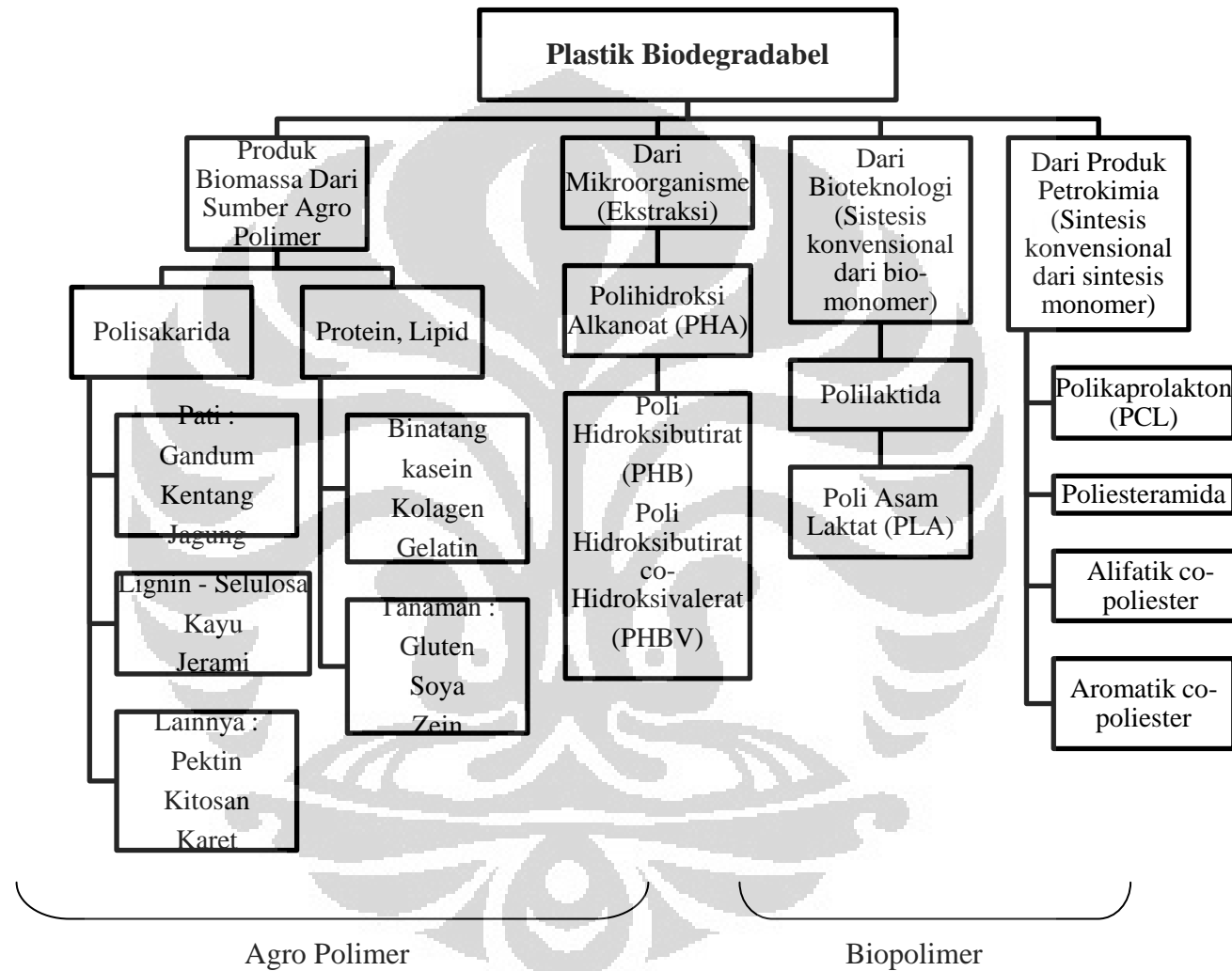
Plastik biodegradabel adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik biodegradabel merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (IBAW Publication, 2005). Plastik biodegradabel adalah polimer yang dapat berubah menjadi biomassa,  $H_2O$ ,  $CO_2$  dan atau  $CH_4$  melalui tahapan depolimerisasi dan mineralisasi. Depolimerisasi terjadi karena kerja enzim ekstraseluler (terdiri atas endo dan ekso enzim). Endo enzim memutus ikatan internal pada rantai utama polimer secara acak, dan ekso enzim memutus unit monomer pada rantai utama secara berurutan. Bagian-bagian oligomer yang terbentuk dipindahkan ke dalam sel dan menjadi mineralisasi. Proses mineralisasi membentuk  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ , air, garam-garam, mineral dan biomassa. Definisi polimer biodegradabel dan hasil akhir yang terbentuk dapat beragam bergantung pada polimer, organisme, dan lingkungan.



Gambar 2. 1. Siklus Produksi dan degradasi polimer biodegradabel (IBAW Publication,2005)

### 2.1.1 Penggolongan Plastik Biodegradable

Averous (2008), mengelompokkan plastik biodegradable ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda. Kelompok utama adalah: (1) *agropolymer* yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya; dan (2) biopoliester (*biodegradable polyesters*) seperti poli asam laktat (PLA), polyhydroxyalkanoate (PHA), aromatik dan alifatik co-poliester. Biopolimer yang tergolong agro polimer adalah produk-produk biomassa yang diperoleh dari bahan-bahan pertanian. seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok *Polyhydroxy-alkanoate* (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya *Polyhydroxybutyrate* (PHB) dan *Polyhydroxybutyrate co-hydroxyvalerate* (PHBV). Kelompok lain adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesis secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi, yang disebut kelompok polilaktida. Contoh polilaktida adalah poli asam laktat. Kelompok terakhir diperoleh dari produk-produk petrokimia yang disintesis secara konvensional dari monomer-monomer sintetis. Kelompok ini terdiri dari *polycaprolactones* (PCL), *poly ester amides*, *aliphatic copolyesters* dan *aromatic copolyesters*.



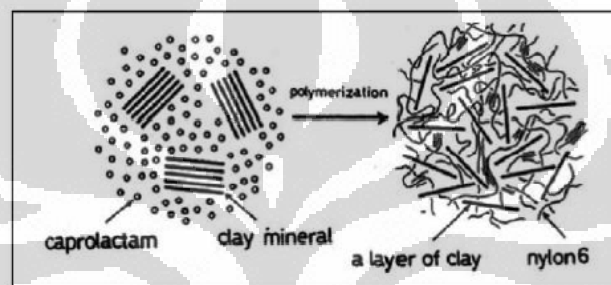
**Gambar 2. 2.** Klasifikasi plastik biodegradabel (Averous, 2008)

## 2.2 Teknik Preparasi Bioplastik

Berbagai metode pembuatan bioplastik dapat dijelaskan sebagai berikut:

### a. Polimerisasi In Situ Interkalatif

Pada metode ini, polimer dibentuk diantara lapisan dengan mengembangkan kumpulan lapisan dalam monomer cair atau larutan monomer sehingga pembentukan polimer dapat terjadi antara lembar yang terinterkalasi. Pembentukan polimer (polimerisasi) dapat dimulai dengan panas/radiasi/difusi (Zhao, 2008). Ilustrasinya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.3



**Gambar 2. 3.** Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan Polimerisasi In Situ Interkalatif pada Nylon/clay nanocomposites (Ray et al., 2003).

### b. Interkalasi Larutan/ Interkalasi prepolimer dari larutan

Metode ini didasarkan pada pengembangan sistem pelarut dimana biopolimer atau bio-prepolimer, seperti pati dan protein terlarut dan nanopenguats anorganik (biasanya silikat). Pertama, silikat berlapis dikembangkan di dalam suatu pelarut seperti air, kloroform, atau toluena. Kedua, ketika biopolimer dan larutan nanopartikel yang mengembang dicampur, rantai polimer akan terinterkalasi dan menggantikan pelarut dalam interlayer dari silikat. Ketiga, setelah penghilangan pelarut, struktur yang telah terinterkalasi akan tertinggal dan akan membentuk bio-polimer/silikat berlapis bioplastik (Zhao, 2008).

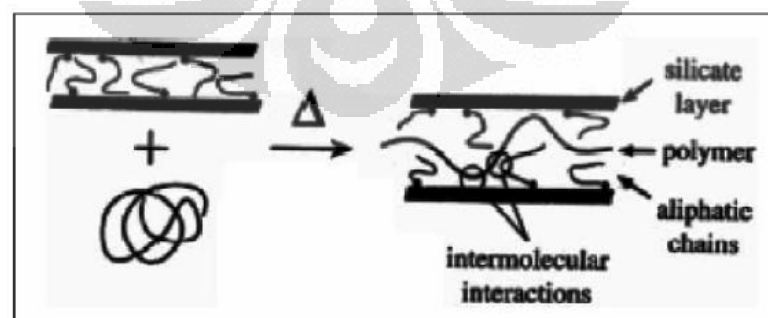
### c. Melt intercalation

Metode *melt intercalation* pertama kali dilaporkan oleh Vaia et al.. Proses pembuatan bioplastik pada metode ini tidak memerlukan penambahan pelarut. Silikat berlapis dicampur dengan matriks polimer dalam *molten state*, ikatan polimer akan bergerak perlahan-lahan ke dalam ruang antar lapisannya (Ma, 2008). Proses penyebaran ikatan polimer ke dalam galeri lapisan silikat menjadi



bagian penting pada proses *melt intercalation* (Li et al., 2002). Vaia et al. melakukan *melt intercalation* pertama kalinya pada polistirene (PS) ke dalam galeri mika untuk penelitian kinetika *melt intercalation* pada PS terhadap pengaruh suhu dan berat molekulnya (Nam et al., 2005). Perilaku elastik tipikal dengan perentangan ikatan terjadi dibawah suhu transisi kaca ( $T_g$ ). Di atas ( $T_g$ ), mungkin terjadi regangan elastik yang besar pada polimer linear, karena ikatan molekul dapat diluruskan dari keadaan tertekuk dan tergulung. Dengan pelurusan, persyaratan tegangan meningkat dan dihasilkan modulus elastisitas nonlinear. Diatas ( $T_g$ ), polimer amorf mengalir secara viskos. Hasilnya, regangan dan aliran elastik saling menguatkan. Besarnya aliran viskos sangat bervariasi tergantung struktur molekuler. Aliran viskos dihambat oleh pembentukan hubung-silang, berkurang dengan peningkatan kristalinitas dan tentunya bervariasi dengan waktu. Karena di atas ( $T_g$ ) viskositas berkurang secara eksponensial, suhu merupakan faktor yang penting baik untuk pengendalian proses atau untuk aplikasi.

*Melt intercalation* merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak digunakannya pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah, sementara metode eksfoliasi, polimerisasi in situ interkalatif dan interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, *melt intercalation* juga kompatibel dengan proses industri seperti pada *injection molding*. Pada *melt intercalation*, pembuatan bioplastik dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material. (E. William, 2005). Ilustrasi *melt intercalation* yang tampak dari dua lapisan ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4.** Ilustrasi pembuatan bioplastik dengan *melt intercalation* tampak diantara dua lapisan (Ray et al., 2003)

### 2.3. Pati

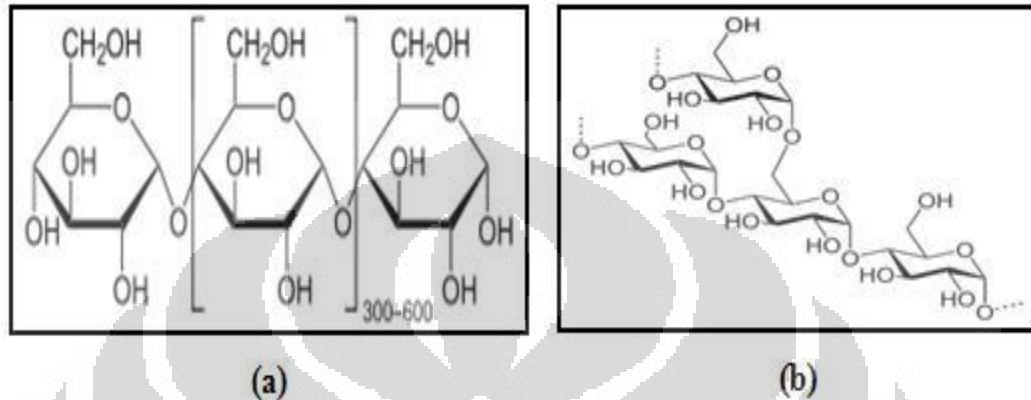
Pati merupakan suatu senyawa karbohidrat kompleks dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Pati dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Pati yang diproduksi secara komersial biasanya didapatkan dari jagung, gandum, beras, dan tanaman-tanaman umbi seperti kentang, ubi kayu, dan ubi jalar. Jumlah produksi tahunan dunia pati adalah sekitar 60 juta MT dan diperkirakan akan meningkat sekitar 10 juta MT pada tahun tambahan 2011 (FAO, 2006b; LMC International, 2002; Patil SK dan Associates, 2007 dalam Wajira S. Ratnayake, 2009). Jagung (*Zea mays* L.), ubi kaya/tapioka (*Manihot esculenta* Crantn), ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.), gandum (*Triticumaestivum* L.), dan kentang (*Solarium tuberosum* L.) merupakan sumber utama dari pati, sedangkan padi (*Oryza sativa* L.), gandum (*Hordeum vulgare* L.), sagu (*Cycas* spp.), Garut (*Tacca leontopetaloides* (L.) Kuntze) memberikan kontribusi dalam jumlah yang lebih kecil terhadap total produksi global. Dalam Tabel. 2.1 dapat dilihat kandungan pati dari beberapa bahan pangan.

**Tabel 2. 1.** Kandungan pati pada beberapa bahan pangan (Cui, 2005)

<b>Bahan Pangan</b>	<b>Pati (% dalam basis kering)</b>
Ubi jalar	90
Singkong	90
Beras	89
Kentang	75
Biji Sorghum	72
Biji gandum	67
Jagung	57

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Struktur amilosa merupakan struktur lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa. Amilopektin terdiri dari struktur bercabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan  $\alpha$ -(1,6). Amilosa memberikan sifat

keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Konsentrasi kedua komponen ini nantinya akan mempengaruhi sifat mekanik dari polimer alami yang terbentuk. Untuk struktur molekul amilopektin dan amilosa dapat dilihat pada gambar 2.5



**Gambar 2. 5.** Struktur molekul dari kandungan pati (Wajira S. Ratnayake, 2009)

(a) Amilosa (b) Amilopektin

Belakangan ini telah banyak dilakukan pengembangan penggunaan pati sebagai bahan dasar plastik biodegradabel. Di luar negeri pun, penggunaan pati sebagai bahan dasar pun telah banyak dilakukan dan telah dihasilkan plastik biodegradabel yang sudah dapat di jual belikan. Di Indonesia pun, pengembangan penggunaan pati sebagai polimer alami bahan dasar plastik biodegradabel telah dilakukan. Pada tahun 1996, Sumari melakukan penelitian karakterisasi *poliblend* LLDPE-pati sebagai alternatif plastik yang terbiodegradasi. Pada tahun yang sama, Yuliana, Neti, melakukan penelitian proses produksi bioplastik dari pati tapioka yang dilakukan dengan memodifikasi struktur pati pada suhu 130-190°C pada tekanan 0-50 x 10 N/m dan mencampurkannya dengan termoplastik sintesis. Pada tahun 1999, Rusendi, Dedi melakukan penelitian mengenai produksi biopolimer dengan cara menghidrolisis sampah ubi jalar menggunakan *alpha-amylase liquefaction enzyme* dan *amyloglucosidase saccharification enzyme* dari *Rhizopus* sp. Pada tahun 2005, Liesbetini Hartono, dkk. melakukan penelitian, yaitu rekayasa proses produksi poli asam laktat (PLA) dari pati sagu sebagai bahan baku plastik biodegradabel, dengan menggunakan variasi jenis bakteri dan

kondisi operasi proses fermentasi untuk menghasilkan asam laktat, dan dengan proses polimerisasi kondensasi langsung dapat dihasilkan PLA. Pada tahun 2006, Hanny Widjaja, dkk. melakukan penelitian mengenai sintesa PLA dari limbah pembuatan *Indigenous Starch* untuk pembuatan plastik ramah lingkungan. Pada tahun 2006, Syamsu, K, dkk. melakukan penelitian pemanfaatan hidrolisat pati sagu sebagai sumber karbon untuk memproduksi bioplastik *Polihidroksi Alkanoat* (PHA) oleh *Ralstonia eutropha* pada sistem kultivasijfced *batch*. Iswarin, S.J, dkk, melakukan penelitian plastik pembuatan plastik biodegradabel dengan mencampur polietilen dengan beberapa pati yang berasal dari garut, ubi jalar, ubi kayu, dan kentang. Selanjutnya, bahan plastik tersebut kemudian diuji sifat mekanik dan sifat biodegradabelnya. Pada tahun 2007, Muhammad Hasan, dkk. melakukan penelitian tentang plastik ramah lingkungan dari polikaprolakton dan pati tapioka dengan penambahan *refined bleached and deodorized palm oil* (RBDPO) sebagai pemlastis alami. Pada tahun 2007-2008, Feris firdaus, dkk. melakukan penelitian mengenai sintesis film kemasan ramah lingkungan dari komposit pati, Kitosan dan asam polilaktan dengan pemlastik gliserol.

Penggunaan pati sebagai polimer alami memiliki keterbatasan, diantaranya adalah sifat mekaniknya yang kurang baik, serta kemampuannya untuk menyerap air. Untuk mengatasi hal ini, maka penelitian-penelitian untuk memperbaiki sifat-sifat ini pun telah dilakukan. Penelitian yang berkembang salah satunya adalah membuat komposit dengan menggunakan polimer yang berasal dari pati, dan menambahkan nanopartikel untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Penggunaan pati sebagai polimer degradabel dan matriks dari suatu komposit dapat dilihat pada tabel 2.3. Tabel ini juga menunjukkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan terkait dengan pembuatan komposit dengan pati sebagai matriksnya.

**Tabel 2. 2.** Penelitian – penelitian mengenai bioplastik dengan pati sebagai matriks

Jenis Pati	Bahan lain selain pati	Penguat (nanopartikel)	Kondisi Operasi	Referensi
Corn Starch	Gliserol	Ca <sup>2+</sup> Hectorite	Clay dihidrasi dalam air. Film dicetak dari suspensi yang terbentuk.	Wilhelm et al.
Corn Starch	Gliserol	Na MMT	Single screw extrusion dari pati dan gliserol untuk membentuk pallet	Huang et al.
Wheat starch	Gliserol, Air	MMT	Suspension mixing in excess water then casting	Pandey et al.
Potato starch	Gliserol, air, polyester	MMT	Twin screw mixing dari pati lalu dicetak menjadi bentuk film	Avella et al
Pati gandum	Gliserol	NaMMT dan OMMT	Premixed lalu melt mixed di dalam pengaduk	Bangdi et al
Pati jagung	Gliserol, CA (asam sitrat)	Na MMT	Single screw extrusion berbagai macam kondisi	Chiou et al.
Cassava starch	Gliserol	Selulosa nanoparticel	Serangkain teknik premixed lalu diikuti dengan screw extruction	Chang et al
Potato starch	Glycerol	Selulosa nanowhisker	Single screw extraxian dengan variasi kondisi	Chang et al.
Kentang	Gliserol	Kitosan	Menggunakan single screw extruder, pati, gliserol dan kitosan sampai terbentuk film	Chang et al.
Corn starch	Gliserol	Chitin nanopartikel	Melt blended didalam roller mixer lalu dimasukkan cetakan	Chang et al
Kulit singkong	Gliserol	kitosan	Melt intercalation lalu dimasukkan ke cetakan	Tyas et al.
Ubi jalar	Gliserol	ZnO	Melt intercalation, kemudian dicetak membentuk film	Zayyanatun
Umbi garut	Gliserol	ZnO	Melt-intercalation, kemudian dicetak membentuk film	Ardiansyah
Kacang polong	Gliserol	ZnO	Melt-intercalation, kemudian dicetak membentuk film	Ma et al.

### 2.3.1 Penggunaan Pati sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradabel

Indonesia kaya akan sumberdaya alam, diantaranya pati-patian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan plastik biodegradabel. Pengkajian pemanfaatan sumberdaya pati Indonesia untuk produksi plastik biodegradabel dapat dilakukan melalui 3 cara yaitu :

#### (1) Pencampuran (*blending*) antara polimer plastik dengan pati

Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *extruder* atau dalam mixer berkecepatan tinggi (*high speed mixer*) yang dilengkapi pemanas untuk melelehkan polimer plastik. Plastik yang digunakan dapat berupa plastik biodegradabel (PCL, PBS, atau PLA) maupun plastik konvensional (polietilen). Sedangkan pati yang digunakan dapat berupa pati mentah berbentuk granular maupun pati yang sudah tergelatinisasi. Sifat mekanik dari plastik biodegradabel yang dihasilkan tergantung dari keadaan penyebaran pati dalam fase plastik, dimana bila pati tersebar merata dalam ukuran mikron dalam fase plastik, maka produk plastik biodegradabel yang didapat akan mempunyai sifat mekanik yang baik.

#### (2) Modifikasi kimiawi pati

Untuk menambahkan sifat plastisitas pada pati, metode *grafting* sering digunakan. Sifat biodegradabilitas dari produk plastik yang dihasilkan tergantung daripada jenis polimer yang dicangkokkan pada pati. Jika polimer yang dicangkokkan adalah polimer yang bersifat biodegradabel, maka produk yang dihasilkan juga akan bersifat biodegradabel. Namun demikian, biasanya sifat biodegradabilitas pati akan berkurang atau bahkan hilang sama sekali dengan proses modifikasi kimiawi.

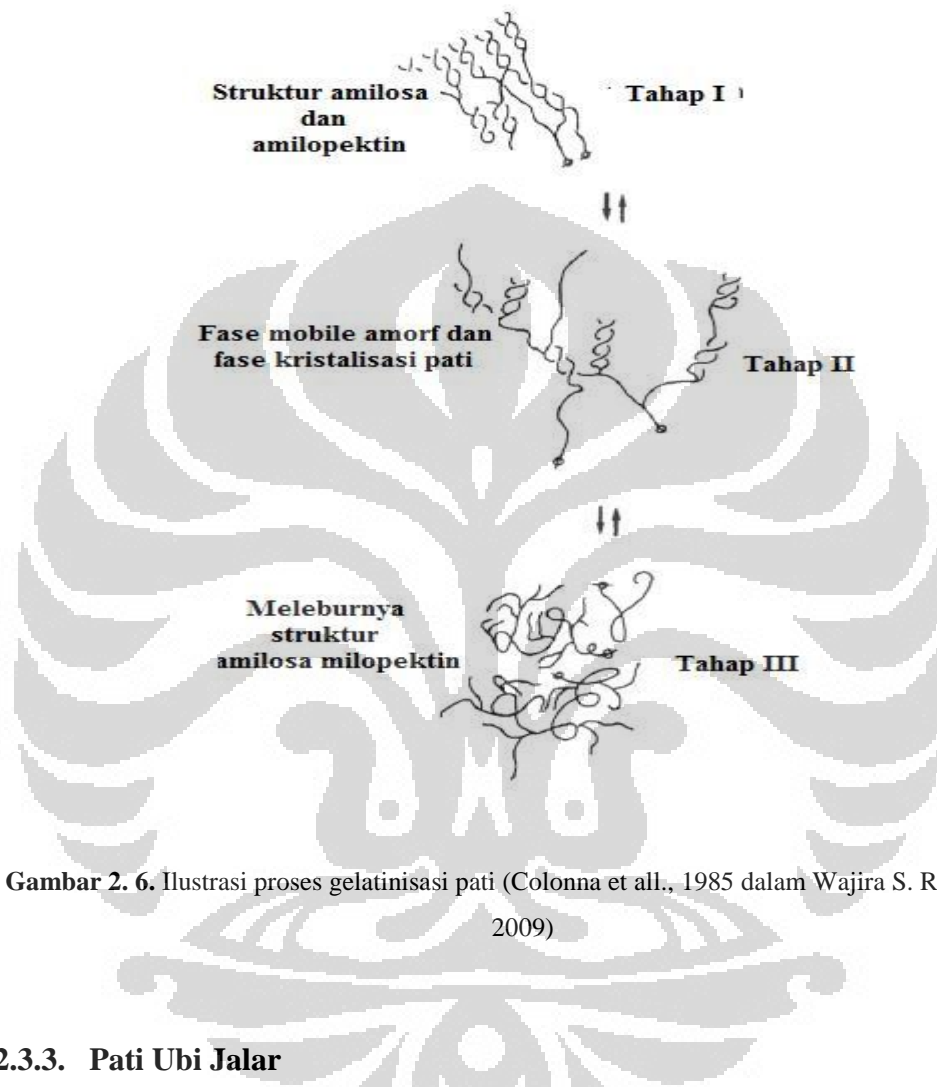
#### (3) Penggunaan pati sebagai bahan baku fermentasi menghasilkan monomer/polimer plastik biodegradabel

Pati dapat dipakai sebagai bahan baku fermentasi untuk menghasilkan asam laktat (monomer dari PLA), 1,4-butanediol (monomer dari PBS) atau poliester mikroba (PHB) atau biopolimer lainnya seperti pullulan.

### 2.2.2 Gelatinisasi Pati

Teori mengenai gelatinisasi pati pada awalnya disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk ukuran dan bentuk butiran (granular) dari pati. Bila pati

dipanaskan dalam air berlebih, granular akan membengkak dan granular tersebut akan kehilangan *birefringence*. Setelah butiran-butiran membengkak mencapai volume maksimumnya, butiran tersebut pecah dan menyebar ke seluruh bagian pati dan membentuk dispersi koloid dalam air.



**Gambar 2. 6.** Ilustrasi proses gelatinisasi pati (Colonna et al., 1985 dalam Wajira S. Ratnayake, 2009)

### 2.3.3. Pati Ubi Jalar

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori (energi) yang cukup tinggi. Kandungan karbohidrat ubi jalar menduduki peringkat keempat setelah padi, jagung, dan ubi kayu. Ubi jalar juga merupakan sumber vitamin dan mineral. Vitamin yang terkandung dalam ubi jalar adalah vitamin A ( beta karoten), vitamin C, thiamin (vitamin B1) , riboflavin (vitamin B2). Sedangkan mineral yang terkandung dalam ubi jalar adalah zat besi (Fe), fosfor (P), kalsium (Ca), dan natrium (Na). Kandungan gizi lainnya yang terdapat dalam ubi jalar

adalah protein, lemak, serat kasar, kalori, dan abu. Jumlah kandungan gizi ubi jalar 100 gram bahan yang dapat dimakan dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2. 3.** Kandungan Gizi Ubi Jalar Setiap 100 gram Bahan yang Dapat Dimakan (Juanda dan Cahyono, 2000)

Jenis zat	Jumlah Kandungan
Air	70 gr
Serat Kasar	0,3 gr
Kalori	113 kal
Protein	2,3 gr
Fe (Zat Besi)	1,0 mg
Na (Natrium)	5 mg
Ca	46 mg
P (Fosfor)	49 mg
Vitamin A	7100 mg
Vitamin B1	0,08 mg
Vitamin B2	0,05 mg
Niacin	0,9 mg
Vitamin C	20 mg
Abu	1,2 gr
Lemak	0,7 gr
Karbohidrat	27,9 gr
Gula	2-6,7 gr
Amilosa	9,8 – 26 gr

Berbagai varietas ubi jalar berkembang di Indonesia. Warna umbinya beraneka ragam seperti putih, ungu, kuning, atau oranye. Umbi ubi jalar yang berwarna kuning kaya akan beta karoten (provitamin A) dan vitamin C. Umbi berwarna ungu juga merupakan sumber vitamin C dan beta karoten (provitamin A) yang sangat baik. Bahkan, kandungan beta karotennya lebih tinggi dibanding dengan ubi jalar berwarna kuning. Sementara itu, ubi jalar berdaging putih tidak mengandung vitamin tersebut atau sangat sedikit. Namun, umbi yang berwarna putih dapat dijadikan tepung karena berkonsentrasi kering yang tinggi. Pati ubi jalar merupakan hancuran ubi jalar yang dihilangkan sebagian konsentrasi airnya. Tepung ubi jalar tersebut dapat dibuat secara langsung dari ubi jalar yang dihancurkan dan kemudian dikeringkan (Suprpti, 2003). Suhu gelatinisasi adalah 88.5<sup>0</sup>C.

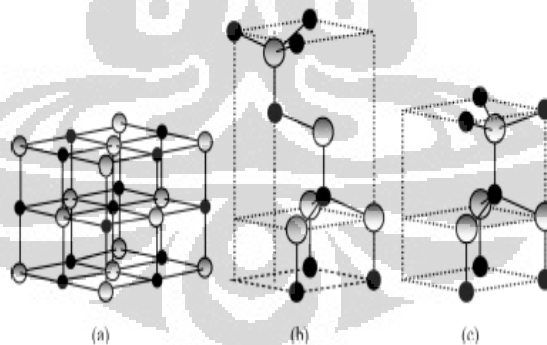




**Gambar 2. 7.** Ubi jalar (Purnomo, 2007)

#### 2.4. ZnO

Seng oksida adalah sebuah senyawa anorganik dengan formula ZnO. Biasanya terlihat dalam bentuk bubuk putih, dan hampir tidak larut dalam air. ZnO mempunyai dua struktur kristal yang berbeda yaitu *blended* dan *wurtzite* (Wang Z.L., 2008). Pada kondisi yang tidak sesuai dengan lingkungan, secara termodinamika struktur *wurtzite* lebih stabil dibandingkan struktur ZnO yang lain (Morkoç et al., 2009). ZnO dengan struktur *wurtzite* dimana Zn sebagai kation dan O sebagai anion membentuk koordinasi tetrahedral.



**Gambar 2. 8.** Struktur Kristal ZnO (Morkoç et al., 2009)  
a. Cubic Rocksalt b. Cubic zinc blende c. Hexagonal wurtzite

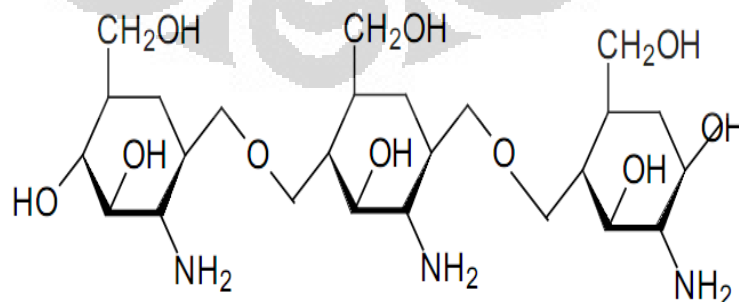
ZnO merupakan kristal senyawa ionik, terdiri dari kation-kation dan anion-anion yang tersusun secara teratur dan berulang /periodik. Pola susunan yang teratur dan berulang dari ion-ion yang terdapat dalam suatu kristal menghasilkan kisi kristal dengan bentuk/struktur tertentu (Effendy, 2004) seperti ketiga macam struktur tersebut. Selain itu, ZnO bersifat transmitansi tinggi pada

daerah panjang gelombang tampak, indeks bias yang tinggi, konstanta piezoelektrik yang besar, celah pita energi yang lebar (Adriyanto et al., 2003), konduktivitas elektrik yang baik, sifat adhesi, kekerasan yang baik, dan kestabilan kimia dan mekanik yang baik (Rosa et al., 2009).

ZnO mempunyai sifat-sifat berikut: ZnO adalah semikonduktor dengan *direct band gap* 3,2 – 3,4 eV(Choi, 2008), *excitation binding energy* 60 meV pada suhu kamar, dan menunjukkan *near-UV emission* serta *transparent conductivity*; memiliki struktur non-simetri sentral (*non-centrosymmetric symmetry*), yaitu adanya kekurangan pada pusat simetris yang menghasilkan efek piezoelektrik; ZnO juga bersifat *bio-safe* dan *bio-compatible* sehingga dapat digunakan untuk aplikasi *biomedical* tanpa perlu dilapisi (Wang, 2004).

## 2.5. Kitosan

Kitosan adalah produk deasetilasi kitin yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-Glukosa), memiliki rumus molekul  $[C_6H_{11}NO_4]_n$  dengan bobot molekul  $2,5 \times 10^5$  Dalton. Kitosan berbentuk serpihan putih kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa. Kitosan tidak larut dalam air, dalam larutan basa kuat, dalam asam sulfat, dalam pelarut-pelarut organik sepertidalam alkohol, dalam aseton, dalam dimetilformamida, dan dalam dimetilsulfoksida. Sedikit larut dalam asam klorida dan dalam asam nitrat, larut dalam asam asetat 1%-2%, dan mudah larut dalam asam format 0,2%-1,0% (Oktaviana, 2002).



Gambar 2. 9. Struktur kitosan (li 2008)

Kelarutan Kitosan dipengaruhi oleh bobot molekul dan derajat deasetilasi, Kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradabel dan polielektrolit kationik karena mempunyai gugus fungsional yaitu gugus amino. Selain gugus amino, terdapat juga gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan mempunyai kereaktifitas kimia yang tinggi (Tokura, 1995). Gugus fungsi yang terdapat pada kitosan memungkinkan juga untuk modifikasi kimia yang beraneka ragam termasuk reaksi-reaksi dengan zat perantara ikatan silang, kelebihan ini dapat memungkinkannya kitosan digunakan sebagai bahan campuran bioplastik, yaitu plastik yang dapat terdegradasi dan tidak mencemari lingkungan. Selain itu kitosan juga memiliki sifat anti mikroba sehingga jika digunakan sebagai pengisi bahan kemasan, maka makanan akan menjadi awet. Penggunaan kitosan sebagai pengisi menunjukkan permeabilitas oksigen dari film-film meningkat dengan meningkatnya viskositas kitosan, tetapi uap air tingkat transmisi tidak sama terpengaruh. Sebastian et al. (2006) melakukan penelitian menggunakan komposit film dari Kitosan dan poli (lacticacid) (PLA) dimana meningkatkan sifat mekanik, mengurangi sifat kelembaban dari matriks tersebut.

## **2.6. Pemplastik**

Pembuatan film pati memerlukan campuran bahan aditif untuk mendapatkan sifat mekanis yang lunak, ulet, dan kuat. Untuk itu perlu tambahkan suatu zat cair/ padat agar meningkatkan sifat plastisitasnya. Proses dikenal dengan plastisasi, sedang zat yang ditambahkan disebut pemplastis. Di samping itu pemplastis dapat pula meningkatkan elastisitas bahan, membuat lebih beku dan menurunkan suhu alir, sehingga pemplastis kadang-kadang disebut juga dengan antibeku. Jelaslah bahwa plastisasi akan mempengaruhi semua sifat fisik dan mekanisme film seperti kekuatan tarik, elastisitas kekerasan, sifat listrik, dan suhu alir, suhu transisi kaca, dli. (M. Tietz, 2008).

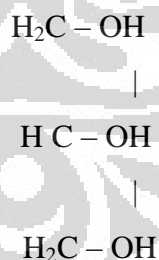
Proses plastisasi pada prinsipnya adalah dispersi molekul pemplastis ke dalam fasa polimer. Jika pemplastis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer-pemplastis yang disebut kompatibel. Sifat fisik dan mekanis polimer terplastisasi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

komposisi pemlastis yang masing-masing komponen dalam sistem. Bila antara pemlastis dengan polimer tidak terjadi percampuran koloid yang tak mantap yang berarti polimer dan agen pemlastis tidak kompatibel akan menghasilkan sifat fisik berkuaitas rendah.

### 2.6.1. Gliserol Sebagai Plastiliser

Gliserol atau 1,2,3-propanetriol, merupakan senyawa organik yang tidak berwarna dan tidak berbau. Gliserol adalah trihydric alkohol. Senyawa ini meleleh pada 17,8 ° C, mendidih dengan dekomposisi pada 290 ° C (encyclopedia of chemical technology, 1998). Adanya gugus alkohol pada struktur molekulnya membuat gliserol bersifat hidrofilik dan mudah larut dalam air. Struktur dari gliserol dapat dilihat pada gambar 2.5.

Gliserol hadir dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan dan lemak dan minyak nabati. Gliserol diperoleh secara komersial sebagai produk sampingan ketika lemak dan minyak yang dihidrolisis untuk menghasilkan asam lemak atau garam logam mereka (sabun). Gliserol juga disintesis pada skala komersial dari Propilena (diperoleh dengan *cracking* minyak bumi), karena pasokan gliserol alam tidak memadai. Selain sintesis dengan menggunakan propilena, gliserol juga dapat diperoleh selama fermentasi gula natrium bisulfat jika ditambahkan dengan ragi.



**Gambar 2. 10.** Struktur gliserol (Sumber: Encyclopedia of chemical technology, 1998)

Telah banyak penelitian yang telah mempelajari efek dari gliserol terhadap suatu material komposit yang terbuat dari pati. Pada tahun 2001, Myllärinen, Päivi melakukan penelitian mengenai efek gliserol pada amilosa dan amilopektin film. Sebagai hasilnya adalah gliserol dengan polimer berbasis pati memiliki hubungan yang cukup kuat. Pada konsentrasi gliserol

yang rendah polimer yang terbentuk memiliki struktur yang rapuh, *amilopectine* dengan konsentrasi gliserol sebesar 10% sangat sulit untuk diproses dan untuk dilakukan uji tarik karena sangat rapuh. Dengan konsentrasi gliserol diatas 20% film amilosa menunjukkan elongasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan film yang memiliki konsentrasi gliserol yang lebih rendah dan tetap kuat, tetapi sebaliknya untuk konsentrasi gliserol yang semakin besar *amilopectine* akan membentuk material yang tidak kuat dan tidak fleksibel.

Selanjutnya pada tahun 2006 Zhong, Qiu-Ping juga melakukan penelitian mengenai sifat fisikokimia dari film yang terbuat dari chitosan/ cassava starch/gelatin blend yang diplastisasi dengan menggunakan gliserol. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan gliserol akan mempengaruhi sifat mekanik dari film yang terbentuk. Film akan lebih fleksibel karena gliserol akan mengurangi ikatan intermolekular antara rantai polimer. Pada penelitian ini elongasi meningkat seiring penambahan gliserol dan mencapai maksimum pada konsentrasi 63g per 100g kitosan

### **2.6.2. Mekanisme Plastisasi**

Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, jika polimer pemlastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemlastis hanya terdistribusi di antara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur.

Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat maka molekul pemlastis akan terdifusi ke dalam rantai polimer (rantai polimer amorf membentuk satuan struktur globular yang disebut *bundle*) menghasilkan plastisasi infrastruktur intra *bundle*. Dalam hal ini molekul pemlastis akan berada di antara rantai polimer dan mempengaruhi mobilitas rantai yang dapat meningkatkan plastisasi sampai batas kompatibilitas yaitu sejumlah yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistim yang heterogen dan plastisasi melebihi tidak efisien lagi.

### 2.6.3. Teori Plastisasi

Plastisasi akan mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanis bahan polimer seperti kekuatan tarik, kelenturan, kemuluran, sifat listrik, suhu alir, dan suhu transisi gelas ( $T_g$ ). Ada beberapa informasi teori dari Hall Star (2009) yang menjelaskan peristiwa plastisasi.

#### a. Teori pelumasan

Dalam teori ini pemlastis dipandang sebagai sebuah pelumas yang tidak menunjukkan gaya-gaya dengan ikatan polimer. Molekul pemlastis hanya terdispersi antara fasa polimer sehingga menurunkan gaya-gaya intermolekul pada rantai polimer dan oleh karenanya hanya menyebabkan plastisasi parsial. Jika pemlastis memiliki gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer pemlastis. Dalam hal ini polimer dan pemlastis disebut kompatibel. Senyawa-senyawa pemlastis yang bertindak sebagai pelumas bukan plastis yang efektif karena hanya menurunkan viskositas lelehan sehingga mempermudah proses pengolahan bahan polimer.

#### b. Teori solvasi

Teori ini didasarkan pada konsep kimia koloid. Sistem polimer pemlastis dipandang sebagai sebuah koloid liofilik dimana pemlastis membentuk lingkaran solvasi disekeliling partikel polimer (fasa dispersi). Secara fisik, tidak ada perbedaan mendasar antara bahan-bahan yang berfungsi sebagai pelarut dan pemlastis. Dalam keduanya tidak terdapat interaksi kimia (hanya interaksi fisik) antara pemlastis atau pelarut dan polimer. Kekuatan solvasi dari plastis tergantung pada berat molekul dan gugus fungsinya. Pemlastis efektif sebagai pelarut ditentukan oleh tiga gaya intermolekular, yaitu gaya pemlastis pemlastis, gaya pemlastis polimer, dan gaya polimer polimer. Pemlastis harus memiliki molekul molekul yang kecil dan memiliki gaya atraktif yang sesuai dengan polimer dan harus lebih rendah daripada gaya atraktif antara sesama rantai polimer. Keefektifan pemlastis meningkat bila gaya pemlastis pemlastis lebih rendah daripada gaya polimer polimer.

c. Teori polaritas

Sesuai teori ini gaya intermolekul antara molekul-molekul pemlastis, molekul-molekul polimer, dan molekul-molekul pemlastis polimer harus seimbang untuk menghasilkan gel yang stabil. Oleh karena itu polaritas pemlastis yang mengandung satu atau lebih gugus polar dan non polar harus sesuai dengan polaritas dari partikel polimer. Polaritas molekul pemlastis bergantung adanya gugus yang mengandung oksigen, fosfat, dan sulfur.

## 2.7. Karakterisasi Material

Berbagai pengujian/karakterisasi pada material bioplastik, yaitu:

### 2.7.1 Karakterisasi XRD

Difraksi sinar-X berdasarkan pada interferensi konstruktif dari sinar-X monokromatik dan kristal sampel. Sinar-X dihasilkan oleh tabung sinar katoda, disaring untuk menghasilkan radiasi monokromatik, dan diarahkan terhadap sampel. Interaksi antara sinar-X dengan sampel menghasilkan interferensi konstruktif (dan sinar difraksi) ketika kondisinya memenuhi Hukum Bragg.

Menurut hukum Bragg (Buhrke, 1988)  $n\lambda = 2d \sin\theta$  (2.1)

dengan:

$n$  = bilangan bulat yang menyatakan fasa pada fraksi yang menghasilkan terang

$\lambda$  = panjang gelombang sinar X yang tergantung dari tabung anoda dari generator penghasil sinar X yang digunakan

$d$  = lebar celah

$\theta$  = sudut difraksi (sudut pengukuran dalam derajat)

Hukum ini menyatakan hubungan antara panjang gelombang radiasi elektromagnetik terhadap sudut difraksi dan jarak kisi dalam kristal sampel. Kemudian, difraksi sinar-X terdeteksi, diproses, dan dihitung. Dengan *scanning* sampel berjarak sudut  $2\theta$ , semua arah difraksi yang mungkin dari kisi tercapai. Perubahan puncak difraksi untuk jarak ( $d$ ) memungkinkan untuk melakukan identifikasi bahan karena masing-masing bahan mempunyai satu set jarak ( $d$ )

yang khas. Biasanya, kondisi tersebut dicapai ketika membandingkan jarak (d) dengan rujukan standar bahan.

Menurut Bragg, di dalam kristal terdapat atom-atom yang membentuk susunan bidang datar. Masing-masing bidang datar mempunyai jarak karakteristik antara bidang-bidang komponennya yang disebut bidang Bragg. Setiap unsur atau senyawa mempunyai harga lebar celah (d) dan intensitas yang berbeda dan spesifik. Berdasarkan sifat tersebut, XRD dapat dipakai untuk menguji suatu zat secara kualitatif untuk mengetahui struktur dari film bioplastik.

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menganalisis struktur kristal. Prinsip kerja XRD adalah difraksi sinar-X yang disebabkan oleh adanya hubungan fasa tertentu antara dua gerak gelombang atau lebih sehingga paduan gelombang tersebut saling menguatkan. Sinar-X dihamburkan oleh atom-atom dalam zat padat material. Ketika sinar-X jatuh pada kristal dari material maka akan terjadi hamburan ke segala arah yang bersifat koheren. Sifat hamburan sinar-X yang koheren mengakibatkan sifat saling menguatkan atau saling melemahkan pada paduan gelombang (Afrozi, 2010).

Sedangkan ukuran kristal dapat ditentukan dari persamaan Scherrer:

$$L = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (2.2)$$

dengan:

$L$  = ukuran kristal

$\lambda$  = panjang gelombang radiasi sinar X-ray yang digunakan

$\beta$  = lebar dari setengah puncak gelombang tertinggi

$\theta$  = sudut puncak

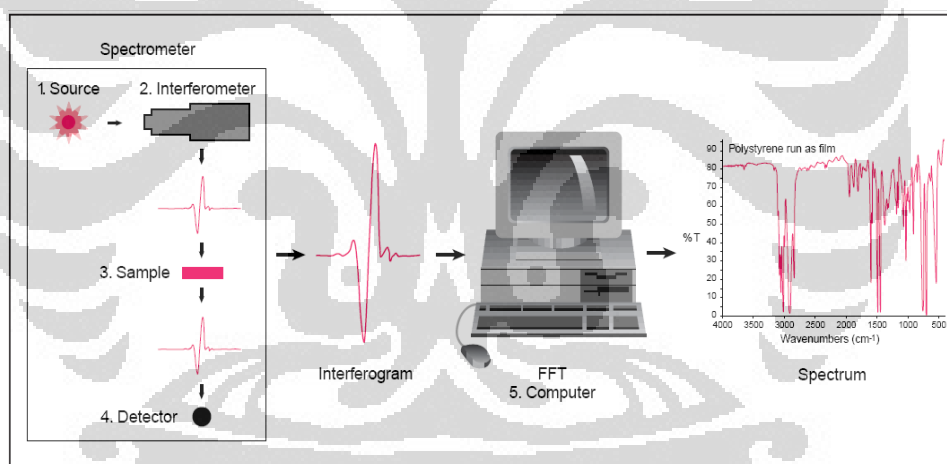
### 2.7.2 Karakterisasi FT-IR

FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan/ditransmisikan. Hasil dari spektrum merupakan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel. Seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum inframerah yang dihasilkan tidak ada yang sama. Inilah yang



membuat spektroskopi inframerah berguna untuk beberapa jenis analisis. Manfaat informasi/data yang dapat diketahui dari FT-IR untuk dianalisis adalah identifikasi material yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, dan menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran (Thermo, 2001).

Spektrum inframerah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran yang dihasilkan antara ikatan atom dari sampel. Karena setiap material berbeda antara satu dengan yang lain yang memiliki masing-masing kumpulan atom yang berbeda, maka tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang sama. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk analisis kualitatif dari setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran puncak pada spektrum menunjukkan langsung jumlah dari material yang ada. Dengan *software* algoritma yang canggih, inframerah juga merupakan alat yang sangat baik untuk analisis kuantitatif.



**Gambar 2. 11.** Ilustrasi operasi kerja FT-IR pada sampel (Thermo, 2001)

Spektrometer tipe FT-IR dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan instrumen jenis *dispersive* yang semula digunakan sebelum adanya tipe FT-IR. Keterbatasan utamanya adalah proses *scanning* yang lambat. Tipe FT-IR dapat mengukur semua frekuensi inframerah secara bersamaan, tidak secara individual. Selain itu, tipe FT-IR menggunakan interferometer yang menghasilkan jenis sinyal yang khas untuk setiap frekuensi inframerah yang masuk ke dalamnya. Sinyal dapat diukur dengan sangat cepat, hanya beberapa detik. Sinyal yang keluar dari interferometer disebut dengan interferogram. Sinyal interferogram tidak dapat ditafsirkan langsung. Sinyal interferogram dapat ditafsirkan dengan cara *decoding*

frekuensi, yaitu melalui teknik matematika yang disebut Transformasi Fourier. Transformasi ini dilakukan oleh komputer yang menyajikan informasi spectrum. Ilustrasi operasi kerja FT-IR hingga menghasilkan spektrum frekuensi ditunjukkan pada Gambar 2.13.

## 2.8. State of The Art

Dalam beberapa tahun terakhir ini berbagai penelitian tentang material pembuatan bioplastik telah dilakukan. Penggunaan gliserol dan kelompok polioli lainnya sebagai agen pemlastis pembentuk bioplastik pun juga sudah dilaporkan. Averous (2008), mengelompokkan plastik biodegradabel ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda. Kelompok utama adalah: (1) agro-polymer yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya; dan (2) biopoliester (biodegradabel polyesters) seperti poli asam laktat (PLA), polyhydroxyalkanoate (PHA), aromatik and alifatik kopoliester.




Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok Polyhydroxyalkanoate (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya Polyhydroxybutyrate) (PHB).

Penguat sangat mempengaruhi sifat-sifat dari Bioplastik yang dihasilkan. Penggunaan bahan pengisi yang berskala nano menunjukkan perbaikan pada sifat fisik dan mekanik (Avella, 2009). Penggunaan matriks/penguat (penguat) sebagai berikut: Cassava starch/ selulosa nanofibril dengan teknik interkalasi larutan (Teixeira, 2009), Cassava starch/Polystyrene (Kaewta, 2007), wheat starch/Graftcopolymer (Averous, 2008), Soybean/clay (Zengshe Liu, 2005), PLA/selulosa nanofibril (M. Kowalczyk, 2011).

Pada penelitian ini menggunakan pati pati ubi jalar dengan proses melting intercalation dengan penguat (penguat) ZnO, Clay dan Selulosa dan kitosan . Untuk lebih lengkap tentang penggunaan pati sebagai degradabel dan matriks dari suatu bioplastik dapat dilihat pada tabel 2.4. Sedangkan untuk penelitian tentang bioplastik secara lengkap tentang matriks plastik biodegradabel bisa dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2. 4. State of the art riset group

Matriks	PLA							George & Siddaramiah, 2012		
	Protein	Gelatin								
	Pati	Pati Jagung							Jimennaz et al., 2012	Girones et al., 2012
		Pati Kentang					Chang et al., 2012 Ardakani et al., 2009			
		Pati Kacang Polong	Ma et al., 2009							
		Pati Singkong	Nuryeti, 2011				Mbey et al., 2012			
		Pati Umbi Garut	Ardiansyah, 2011							
		Pati Ubi Jalar	Zulfa, 2011							
		ZnO	ZnO – Selulosa	ZnO – Kitosan	ZnO – Clay	Clay	BCNC (Bacterial Cellulose Nano Crystal)	HPMC (Hydoxy Propyl Methyl Cellulose)	Sisal & Rami	
Pengisi / Penguat										

-  Riset Group Dr. Heri Hermansyah, S.T.,M.Eng tahun 2011
-  Riset Group Dr. Heri Hermansyah, S.T.,M.Eng tahun 2012
-  Area Penelitian

1  
2

Tabel 2. 5. State of the art bioplastik

Metode	Protein				Starch						Bakteri			Plasticizer
	Wheat Gluten	Soy Protein	Zein	Egg Albumen	Corn	Cassava	Sweet Potato	Pea	Potato	Wheat	PHA	PHB	PLA	
In Situ Intercalative Polymerization	(Jerez,2007)	(Mohanty,2005), (Tummla, 2006)	(Kim, 2008)	(Jerez,2007),( Gonzalez-G,2011)	(Gonzalez-G,2011)				(Gonzalez-G,2011)	(Averous,2004), (Averous,2008)	(Jiun Yee cee, 2010)		(Jacobsen, 2000), (Enomoto, 1995)	Glycerol
Melting	(Hernandez,2001)(Gomez-Martinez,2011)	(F. Chen,2010)	(Kim, 2008)	(Gonzalez-G,2011),(Galagos,2007),(Quieroz,2009)	(Jimennaz et al.,2012), (Girones et al.,2012) (Gonzalez-G,2010),	(Mbey et al., 2012)	Area Penelitian Ini	(Ma, 2008)	(Chang et al., 2012) (Gonzalez-G,2011)					
Interkalasi Larutan	(Jerez,2005),(Domenek,2003),(GonzalezG,2010),(S.Sun,2008),(Min,2008),(Chen,2011),(Martinez,2011)		(Kim, 2008), (Matthew, 2009)	(Kristen,2009)		(Teixeira,2009)			(Gonzalez-G,2010)				(David Plackett,2003)	
In Situ Intercalative Polymerization													(Rasal,2009)	Lactide
Melting					(Wang,2008), (Pinnotia,2006),(Russo A.,2010),(Yu Jian,2011)					(Lilichenk,2008)			(Kazuhiko . I,2007), (Saichi,2010)	Air,Lactic Acid, Asam laurat, Asam Asetat

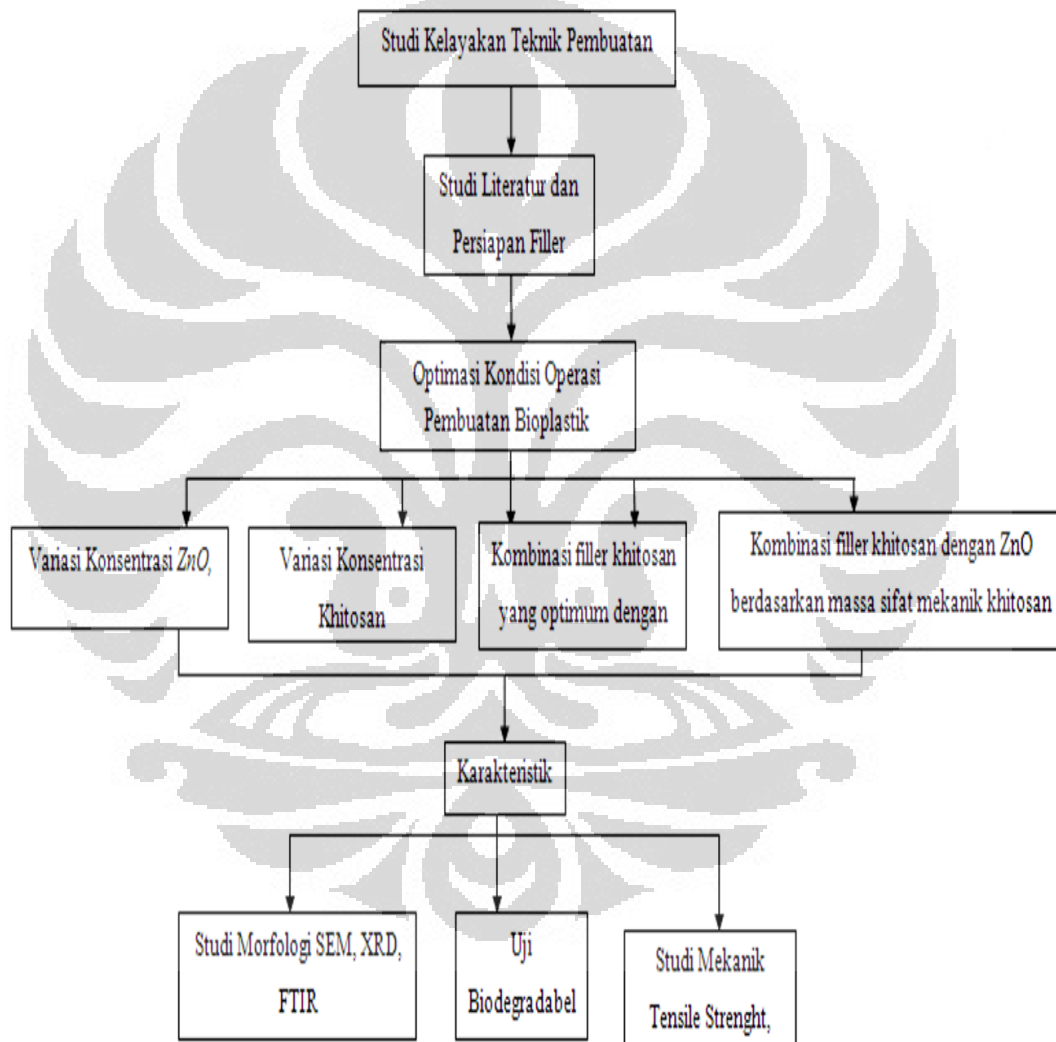
### BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas alur proses penelitian, peralatan dan bahan yang akan digunakan selama penelitian, variabel penelitian, dan prosedur penelitian.

### 3.1 Alur Penelitian

Diagram alir rencana penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian

Diagram alir pada Gambar 3.1 menjelaskan aliran proses penelitian pembuatan bioplastik sampai diperoleh kondisi operasi yang tepat yakni konsentrasi ZnO, kitosan yang tepat pada pati ubi jalar dapat menghasilkan plastik biodegradabel yang memiliki sifat morfologi maupun mekanik yang baik dan ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa pekerjaan utama, yaitu:

1. Studi Kelayakan Teknik Pembuatan Bioplastik

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan baku pati ubi jalar sebagai bahan dasar plastik biodegradabel. Oleh karena itu, di dalam tahap ini ada dua pekerjaan yang akan dilakukan, yaitu studi literatur dan persiapan penguat bioplastik.

- a. Studi literatur dan persiapan penguat

Studi literatur untuk skrining kelayakan pati ubi jalar yang akan digunakan dalam variasi penelitian pembuatan bioplastik dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti kandungan jenis pati, ketersediaan, dampak terhadap lingkungan, dan faktor eksternal (kondisi sosial). Selain itu juga dilakukan studi literatur dengan melakukan ringkasan untuk penggunaan jenis pati, bahan penguat, penggunaan *plasticizer* sebagai bahan *state of the arts* dari penelitian ini. Sebagai tambahan akan dilakukan persiapan bahan yaitu pembuatan penguat kitosan

2. Optimasi Kondisi Operasi Pembuatan Bioplastik

Tahap ini bertujuan untuk mengoptimasi pembuatan bioplastik melalui kondisi operasi lama pemanasan optimum yang diperoleh dari percobaan awal. Pada penelitian ini menggunakan kondisi operasi lama pemanasan dari penelitian sebelumnya (Zayyanatun, 2011) yaitu 40 menit sampai suhu 85°C. Setelah penetapan kondisi proses pemanasan optimum tersebut, dibuat bioplastik dengan berat pati 5 gram dengan variasi jenis dan konsentrasi penguat dengan kondisi proses optimum. Berikut merupakan pekerjaan utama di dalam tahap ini:

- Pembuatan Bioplastik dengan Variasi penguat ZnO

Tahap ini bertujuan untuk mencari jenis dan konsentrasi penguat yang optimum yang ditentukan melalui sifat mekanis bioplastik. Pembuatan bioplastik mengacu pada proses yang dilakukan oleh Zayyanatun (2011). Pada tahap ini penguatnya yaitu antara ZnO (logam oxide) dan konsentrasi 0 %, 1%, 3%, 6%, 9% (dari 5 gram berat pati), dan dengan pemlastis gliserol 25% (dari 5 gram berat pati).

- Pembuatan Bioplastik dengan variasi konsentrasi penguat kitosan

Tahap ini bertujuan untuk mencari konsentrasi penguat kitosan yang optimum yang ditentukan melalui sifat mekanis bioplastik. Proses pembuatannya mengacu pada Tyas (2011) dengan modifikasi dengan Zayyanatun (2011) dengan penguat kitosan Pada tahap ini penguatnya yaitu antara kitosan dan konsentrasi 0 %, 1%, 3%, 6%, 9% (dari 5 gram berat pati), dan dengan pemlastis gliserol 25% (dari 5 gram berat pati).

- Pembuatan bioplastik dengan kombinasi penguat kitosan yang optimum dengan variasi konsentrasi penguat ZnO

Tahap ini bertujuan untuk mencari konsentrasi penguat yang optimum yang ditentukan melalui sifat mekanis bioplastik. Pembuatan bioplastik mengacu pada proses penguat kitosan yang sebelumnya. Pada tahap ini penguatnya yaitu antara kitosan dengan variasi konsentrasi ZnO 0, 1, 3, 6, 9 %wt (5 gr pati).

- Pembuatan bioplastik dengan kombinasi penguat kitosan dan penguat ZnO berdasarkan massa kitosan yang optimum

Tahap ini bertujuan untuk mencari konsentrasi penguat yang optimum yang ditentukan melalui sifat mekanis bioplastik. Pembuatan bioplastik mengacu pada proses penguat kitosan sebelumnya.

### 3. Karakteristik

Setelah pembuatan bioplastik yang dikerjakan pada tahap – tahap sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan karakterisasi. Karakterisasi ini meliputi studi terhadap sifat mekanik bahan yang meliputi kuat tarik , dan elongasi. Studi terhadap struktur morfologi dan fisiologi SEM (Scanning Electron Microscope) digunakan untuk melihat ikatan elektron pada bioplastik, FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) digunakan untuk menganalisa material secara kualitatif maupun kuantitatif dengan memanfaatkan sinar infra merah, XRD (X Ray diffractometer) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi unsur atau senyawa yang terkandung dalam suatu padatan. Dilakukan pula pengujian laju transmisi uap air dalam Bioplastik menggunakan pengujian WVTR. Selain itu untuk mencatat waktu degradasi plastik biodegradabel akan dilakukan juga uji biodegradabilitas.

#### 3.2 Tempat Riset

1. Penelitian utama pembuatan Bioplastik dilakukan di Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA) depertemen Teknik Kimia Universitas Indonesia
2. Karakterisasi XRD, dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia (UIN).
3. Karakterisasi SEM, dilakukan di Laboratorium BATAN Puspitek Serpong.
4. Pengujian Sifat Mekanik (Kuat tarik, elongasi) dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) Jakarta.

#### 3.3 Alat dan Bahan Percobaan

##### 3.3.1 Alat alat utama :

1. Ultrasonik processor, digunakan untuk mensionikasi campuran gliserol nano ZnO dalam air suling





**Gambar 3. 2.** Ultrasonik processor

2. Hot plate yang digunakan untuk memanaskan campuran gliserol, nano ZnO, pati garut dalam air suling.



**Gambar 3. 3.** Hot Plate

3. Oven, digunakan untuk pengeringan bioplastik



**Gambar 3. 4.** Oven

4. Neraca alalitis, digunakan untuk menimbang berat bahan yang akan dipakai



**Gambar 3. 5.** Neraca Analitis

5. Peralatan gelas laboratorium seperti beakerr glass, cawan petri, spatula besi, spatula kaca, gelas ukur, Magnetic stirrer dan pipet.



**Gambar 3. 6.** Peralatan glass laboratorium

6. Cetakan flexiglass berukuran 20x20 cm, cetakan ini terbuat dari akrilik yang berfungsi untuk membentuk bioplastik



**Gambar 3. 7.** Cetakan 20x20 cm

7. FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), digunakan untuk menganalisa material secara kualitatif maupun kuantitatif dengan memanfaatkan spektra infra merah



**Gambar 3. 8.** FT-IR

8. WVTR (*Water Vapour Transmission Rate*), digunakan untuk mengukur laju transmisi uap air pada bioplastik



**Gambar 3. 9.** WVTR

9. Alat kuat tarik, digunakan untuk mengukur kuat tarik dan derajat elongasi dari bioplastik dengan kekuatan mencapai 50 Mpa



**Gambar 3. 10.** Alat kuat tarik

### 3.3.2 Bahan percobaan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Pati Ubi jalar digunakan sebagai matriks bioplastik



**Gambar 3. 11.** Pati Ubi jalar

2. Partikel seng oksida (ZnO) yang diperoleh dari Nanotech di LIPI-Serpong, digunakan sebagai bahan pengisi (penguat) bioplastik.



**Gambar 3. 12.** Partikel nano ZnO

3. Partikel kitosan yang didapatkan dari PT. Biotech Surindo di Cirebon



**Gambar 3. 13.** Kitosan

3. *Plasticizer*: Gliserol pro analisis diproduksi oleh PT. Merck



**Gambar 3. 14.** Gliserol

### **3.4. Prosedur Percobaan**

#### **3.4.1 Ekstraksi Pati**

Pengambilan kandungan pati dari ubi jalar dapat dilakukan dengan:

1. Mengupas kulit ubi jalar, kemudian mencuci bagian daging ubi jalar
2. Memarut daging ubi jalar hingga halus
3. Menambahkan air pada bahan yang sudah diparut dengan perbandingan 1 kg bahan : 2 liter air
4. Melakukan penyaringan menggunakan kain saring sampai diperoleh ampas dan cairan (suspensi pati)
5. Mengekstraksi kembali ampas yang diperoleh dari proses penyaringan dengan penambahan air (1 kg ampas : 2 liter air), kemudian menyaring kembali untuk mendapatkan pati
6. Mencampurkan cairan pati yang diperoleh dari penyaringan pertama dan kedua dan mengendapkannya selama 1 jam, kemudian air hasil pengendapan dibuang sehingga diperoleh pati basah
7. Mengeringkan pati basah dengan cara menjemurnya dibawah sinar matahari untuk mengurangi konsentrasi air bahan sehingga diperoleh produk yang kering.

Setelah didapatkan matriks pati yang diinginkan kemudian percobaan dilanjutkan untuk melakukan pembuatan bioplastik melalui metode melt intercalation.

### 3.4.2 Prosedur Pembuatan Bioplastik

#### a. Pembuatan bioplastik dengan penguat ZnO

1. Menimbang sejumlah bahan yang telah ditentukan menggunakan neraca analitis digital.
2. Memasukkan ZnO dengan variasi 0,1,3,6, dan 9% (dari berat pati) dan gliserol sebanyak 25% (dari berat pati) ke dalam gelas beaker 200 ml berisi *aquadest* dengan volume 100 ml.
3. Meletakkan gelas beaker yang telah berisi *aquadest*, ZnO dan gliserol ke dalam *ultrasonic processor* dan melakukan proses secara kontinyu selama 50 menit.
4. Membiarkan larutan yang keluar dari ultrasonik sampai suhu turun menjadi 50°C.
5. Menambahkan pati ubi jalar sebanyak 5 gram sambil melakukan pengadukan. Setelah larutan teraduk dengan sempurna kemudian dilanjutkan dengan pemanasan di atas *hot plate* dan di aduk menggunakan *magnetic stirrer*.
6. Memanaskan gelas beaker yang berisi campuran ZnO dan pati ubi jalar pada *hot plate* selama 40 menit yang ditentukan, selama pengadukan temperatur diatur pada suhu 85°C.
7. Menuang larutan pada *cetakan flexiglass* berukuran 20x20 cm.
8. Mengeringkan dalam oven dengan suhu 40-50°C selama 3 jam.
9. Mengeluarkan campuran dari oven, lalu membiarkannya dalam temperatur kamar hingga campuran dapat dilepaskan dari cetakan

#### b. Pembuatan bioplastik dengan penguat kitosan

1. Menimbang sejumlah bahan yang telah ditentukan menggunakan neraca analitis digital.
2. Membuat larutan asam asetat 1% dalam 50ml
3. Memasukkan kitosan kedalam larutan asam asetat 1% sambil di aduk dengan magnitic stirrer dan sambil dipanaskan dihotplate dengan suhu 50°C selama 20 menit.
4. Menambahkan aquadest sebanyak 50ml kedalam larutan kitosan.
5. Memasukkan gliserol sebanyak 25% (dari berat pati) ke dalam

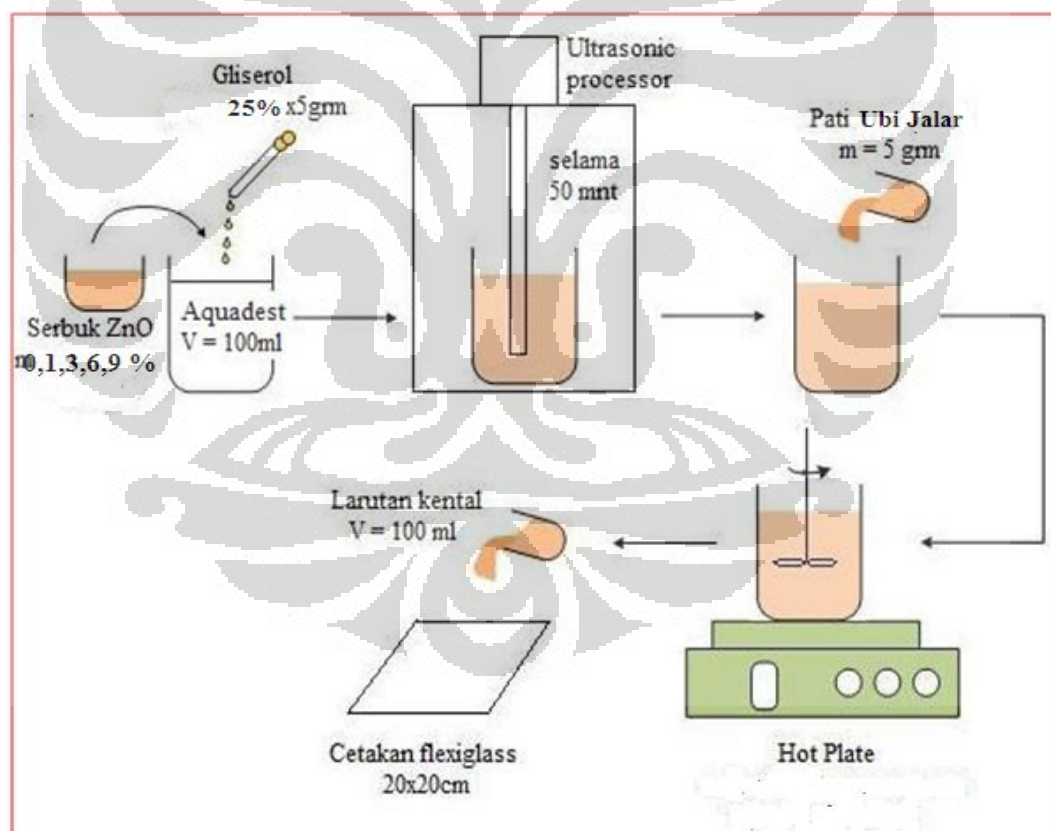
gelas beaker 100 ml berisi *aquadest* dengan volume 100 ml.

6. Meletakkan gelas beaker yang telah berisi *aquadest*, ZnO dan gliserol ke dalam *ultrasonic processor* dan melakukan proses secara kontinyu selama 50 menit.
7. Membiarkan larutan yang keluar dari ultrasonik sampai suhu turun menjadi 50°C.
8. Menambahkan pati ubi jalar sebanyak 5 gram sambil melakukan pengadukan. Setelah larutan teraduk dengan sempurna kemudian dilanjutkan dengan pemanasan di atas *hot plate* dan di aduk menggunakan *magnetic stirrer*.
9. Memanaskan gelas beaker yang berisi yang berisi campuran ZnO dan pati ubi jalar pada *hot plate* selama 40 menit yang ditentukan, selama pengadukan temperatur diatur pada suhu 85°C.
10. Menuang larutan pada *cetakan flexiglass* berukuran 20x20 cm.
11. Mengeringkan dalam oven dengan suhu 40-50°C selama 3 jam.
12. Mengeluarkan campuran dari oven, lalu membiarkannya dalam temperatur kamar hingga campuran dapat dilepaskan dari cetakan

### **c. Pembuatan bioplastik dengan kombinasi penguat kitosan dan ZnO**

- d. Menimbang sejumlah bahan yang telah ditentukan menggunakan neraca analitis digital.
- e. Membuat larutan asam asetat 1% dalam 50ml
- f. Memasukkan ZnO kedalam larutan asam asetat 1% sambil di aduk dengan *magnitec stirrer* kemudian memasukkan kitosan dan sambil dipanaskan di *hotplate* dengan suhu 50°C selama 30 menit.
- g. Menambahkan *aquadest* sebanyak 50ml kedalam larutan kitosan.
- h. Memasukkan gliserol sebanyak 25% (dari berat pati) ke dalam gelas beaker 100 ml berisi *aquadest* dengan volume 100 ml.
- i. Meletakkan gelas beaker yang telah berisi *aquadest*, ZnO, kitosan dan gliserol ke dalam *ultrasonic processor* dan melakukan proses secara kontinyu selama 50 menit.
- j. Membiarkan larutan yang keluar dari ultrasonik sampai suhu turun

- menjadi 50°C.
- k. Menambahkan pati ubi jalar sebanyak 5 gram sambil melakukan pengadukan. Setelah larutan teraduk dengan sempurna kemudian dilanjutkan dengan pemanasan di atas *hot plate* dan di aduk menggunakan *magnetic stirrer*.
  - l. Memanaskan gelas beaker yang berisi yang berisi campuran ZnO dan pati ubi jalar pada *hot plate* selama 40 menit yang ditentukan, selama pengadukan temperatur diatur pada suhu 85°C.
  - m. Menuang larutan pada *cetakan flexiglass* berukuran 20x20 cm.
  - n. Mengeringkan dalam oven dengan suhu 40-50°C selama 3 jam.
  - o. Mengeluarkan campuran dari oven, lalu membiarkannya dalam temperatur kamar hingga campuran dapat dilepaskan dari cetakan



**Gambar 3. 15.** Aliran proses pembuatan bioplastik

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Studi Kelayakan Pati Ubi Jalar Sebagai Matriks dalam Pembuatan Bioplastik**

Dari hasil studi literatur, diketahui bahwa berbagai macam pati dapat dibentuk menjadi polimer alami dan dapat digunakan sebagai matriks dari bioplastik. Maka selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan tahap awal dengan mempersiapkan bahan-bahan yang akan dibutuhkan dalam penelitian dan selanjutnya akan dilakukan percobaan awal pembuatan bioplastik.

##### **4.1.1. Hasil Persiapan Bahan**

Pada persiapan bahan, dilakukan ekstraksi pati ubi jalar dari ubi jalar putih. Ubi jalar putih ini digunakan karena umbi ubi jalar ini tidak atau sangat sedikit mengandung vitamin A dan C seperti yang dimiliki oleh ubi jalar yang berwarna kuning atau ungu. Selain itu, umbi yang berwarna putih ini berpotensi dijadikan tepung karena berkonsentrasi bahan kering tinggi (Purnomo, 2007).



**Gambar 4. 1.** Ubi Jalar Putih

Pada proses pembuatan, digunakan ubi jalar sebanyak 8kg. Selama proses pembuatan, setelah endapan didapatkan, endapan tidak dipindahkan dari wadahnya, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi kemungkinan berkurangnya massa pati yang dihasilkan selama proses pemindahan. Proses pengeringan dilakukan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari. Setelah 2



hari pengeringan, pati ubi jalar mulai mengering. Setelah proses pengeringan didapatkan pati kering sebanyak 1,4 kg.



**Gambar 4. 2.** Hasil Ekstraksi Pati Ubi Jalar

Pati Ubi Jalar ini selanjutnya di uji untuk mengetahui konsentrasi amilosa dan amilopektin. Pengujian ini penting untuk dilakukan, karena tiap bahan pati tentunya kan memiliki konsentrasi amilosa dan amilopektin yang berbeda-beda. Konsentrasi amilosa dan amilopektin ini akan berpengaruh pada karakteristik bioplastik yang dihasilkan sehubungan dengan interaksi antara keduanya dengan gliserol yang digunakan sebagai *plasticizer*. Pengujian kandungan pati ubi jalar ini dilakukan di Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:

**Tabel 4. 1.** kandungan pati ubi jalar

<b>Parameter</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>	<b>Metode Uji/ Teknik</b>
Air	11,4	%	SNI. 01-2891-1992
Abu	0,48	%	SNI. 01-2891-1992
Protein (N x 6,25)	0,30	%	SNI. 01-2891-1992
Lemak	0,07	%	SNI. 01-2891-1992
Karbohidrat	87,8	%	Pengurangan
<b>Amilosa</b>	11,6	%	Spektrofotometri
<b>Amilopektin</b>	76,2	%	Perhitungan

Untuk ZnO yang digunakan sebagai sebagai pengisi dalam bioplastik, bahan ini diperoleh dari Nanotech Indonesia. Dengan ukuran partikel sebagai berikut.

**Tabel 4. 2.** Hasil Pengujian PSA (*Particel Size Analysis*)

No.	Sampel	Run	Polydispersity Index	Size (nm)	Method
1	ZnO	1	0,276	257.7±74,4	PCS
		2	0,244	663,9±187,0	
		3	0,377	410,5±176,6	

Dari hasil pengujian ini, didapatkan bahwa ukuran partikel ZnO yang digunakan memiliki ukuran partikel antara 444 nm.

## 4.2. Penentuan Variasi Konsentrasi Penguat yang Optimum

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi bahan penyusun yang optimum dalam membuat bioplastik. Tahapan ini dilakukan dengan melakukan variasi konsentrasi ZnO sebagai penguat logam dan Kitosan sebagai penguat alami. Berikut ini adalah pembahasan dari hasil penelitian yang dilakukan.

### 4.2.1. Variasi Konsentrasi Penguat ZnO yang Optimum

Percobaan pembuatan Bioplastik dengan variasi konsentrasi ZnO ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ZnO terhadap sifat fisik dan mekanik dari Bioplastik, serta untuk mengetahui konsentrasi ZnO optimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang baik. Dari hasil percobaan ini, dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Proses percobaan adalah dengan menggunakan konsentrasi gliserol 25 % (dari berat 5 gram matriks) sedangkan konsentrasi ZnO divariasikan 0%, 1%, 3%, 6% dan 9% ( dari berat 5 gram matriks). Lama sonikasi 50 menit sedangkan lama pemanasan dan pengadukan yang dilakukan 40 menit. Berikut ini adalah hasil pengamatan setelah Bioplastik dilepaskan dari cetakan:

#### 4.2.1.1. Bioplastik dengan 0% ZnO, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi ZnO 0%, Bioplastik yang dihasilkan bening, secara visual ada sedikit gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam

bioplastik yang terbentuk. Bioplastik yang dihasilkan lentur, dan pada saat sudah kering bioplastik agak sulit dilepaskan dari cetakan karena sifat pati yang lengket.



**Gambar 4. 3.** Bioplastik dengan 0% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan

#### 4.2.1.2. Bioplastik dengan 1% ZnO, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi ZnO 1%, Bioplastik yang dihasilkan agak putih transparan, secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan agak kaku, elastis, dan tidak patah apabila di tekuk. Pada saat sudah kering, Bioplastik agak mudah dilepaskan dari cetakan dan masih sedikit lengket.



**Gambar 4. 4.** Bioplastik dengan 1% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.1.3. Bioplastik dengan 3% ZnO, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

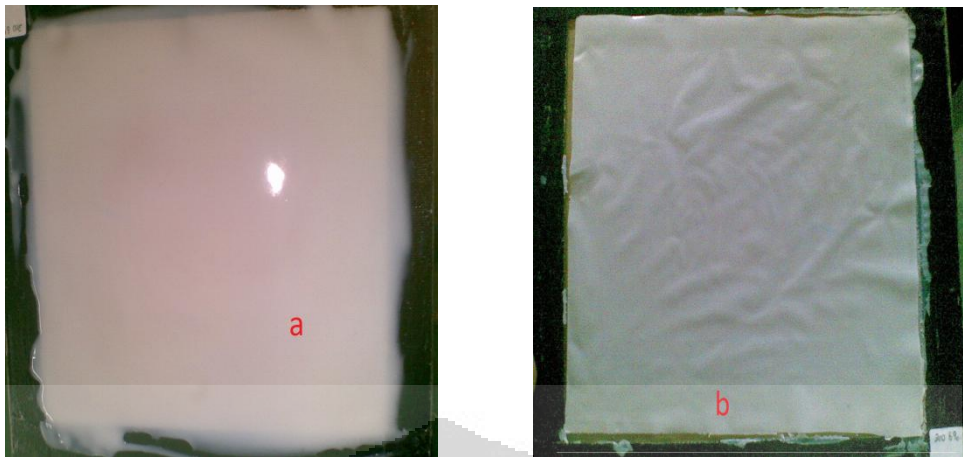
Pada konsentrasi ZnO 3% bioplastik yang dihasilkan cukup transparan namun memiliki sedikit warna putih yang agak keruh. Timbulnya warna ini, terkait dengan ZnO yang memiliki warna putih. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk mulai tidak terlihat. Bioplastik yang dihasilkan agak kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan lebih mudah .



**Gambar 4. 5.** Bioplastik dengan 3% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.1.4. Bioplastik dengan 6% ZnO, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi ZnO 3% bioplastik yang dihasilkan transparan dan warnanya putih agak keruh. Warna ini, terkait dengan ZnO yang memiliki warna putih. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk mulai tidak terlihat. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan mudah .



**Gambar 4. 6.** Bioplastik dengan 6% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.1.5. Bioplastik dengan 9% ZnO, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi ZnO 9% bioplastik yang dihasilkan transparan dan warnanya putih, sangat keruh dan ketebalannya meningkat. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk tidak terlihat. Bioplastik yang dihasilkan sangat kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan sangat mudah .



**Gambar 4. 7** Bioplastik dengan 9% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan

Dari hasil pengamatan pada proses dengan variasi konsentrasi penguat ZnO yang makin meningkat dari 0% hingga 9%, terlihat bahwa fleksibilitas lembaran bioplastik makin berkurang tetapi semakin kaku . Dari hasil pengamatan,di dapatkan pula bahwa konsentrasi ZnO yang optimum adalah pada saat 9%.

Pada konsentrasi ini bioplastik yang dihasilkan tidak banyak memiliki gelembung udara., tebal. Pada saat sudah kering, bioplastik juga mudah dilepaskan dari cetakan dan tidak lengket. Hasil ini juga didukung oleh sifat mekaniknya yang memiliki kuat tarik dan elongasi yang baik (kuat tarik 63,87 kgf/cm<sup>2</sup> dan elongasi 6%).

#### **4.2.2. Variasi Konsentrasi Kitosan yang Optimum**

Percobaan pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi Kitosan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kitosan sebagai penguat alami terhadap sifat fisik dan mekanik. Dari hasil percobaan ini, dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Proses percobaan dilakukan sesuai dengan prosedur penelitian dengan memvariasikan kitosan 0 %, 1%, 3%, 6% dan 9 % ( dari berat matriks) dengan penambahan gliserol 25% sebagai pemlastis. Lama pemanasan dan pengadukan yang dilakukan 40 menit. Untuk bioplastik dengan tanpa penguat % telah dilakukan pada percobaan sebelumnya, sehingga pada percobaan ini tidak dibuat bioplastik dengan konsentrasi tersebut, tetapi data-data hasil pengujian dari sampel tersebut akan digunakan. Untuk bioplastik dengan konsentrasi kitosan 1 %, 3% , 6% dan 9%, berikut ini adalah hasil pengamatan dari penelitian:

##### **4.2.2.1. Bioplastik dengan 1% Kitosan, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit**

Pada konsentrasi Kitosan 1% bioplastik yang dihasilkan bening dan tipis. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan sangat lembek, dan pada saat sudah kering bioplastik agak sulit dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4.8.** Bioplastik dengan 1% Kitosan, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.2.2. Bioplastik dengan 3% Kitosan, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi Kitosan 3% bioplastik yang memiliki warna bening dan lebih tebal jika dibandingkan dengan yang konsentrasi 1%.. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk masih ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan agak kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan mudah .



**Gambar 4.9.** Bioplastik dengan 3% Kitosan, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.2.3. Bioplastik dengan 6% Kitosan, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi Kitosan 6% bioplastik berwarna bening dan lebih tebal jika dibandingkan dengan kitosan yang konsentrasi 3%.. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk masih ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan agak kaku dan sedikit keras, pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan mudah .



Gambar 4. 10. Bioplastik dengan 6% Kitosan, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.2.4. Bioplastik dengan 6% Kitosan, 25% gliserol dan lama pemanasan 40 menit

Pada konsentrasi Kitosan 9% bioplastik berwarna bening dan lebih tebal jika dibandingkan dengan kitosan yang konsentrasi 3%.. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik yang terbentuk masih ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan agak kaku dan sedikit keras, pada saat sudah kering bioplastik dapat dilepaskan dari cetakan dengan mudah .





**Gambar 4. 11.** Bioplastik dengan 9% Kitosan, 25% gliserol  
Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

Dari hasil pengamatan pada proses dengan variasi konsentrasi kitosan yang makin meningkat dari 0% hingga 9%, terlihat bahwa fleksibilitas lembaran plastik berkurang dan bioplastik menjadi semakin kaku. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ZnO mempengaruhi kekuatan dari bioplastik yang dihasilkan, maka sifat mekanik dari bioplastik pun akan dipengaruhi. Dari hasil pengamatan secara visual masih belum dapat ditentukan kondisi konsentrasi Kitosan yang optimum karena untuk menentukannya perlu diketahui karakteristik sifat mekanik, fisik, dan elektrik dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil karakterisasi dari bioplastik ini dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

#### **4.2.3. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan yang Optimum dengan ZnO**

Percobaan pembuatan bioplastik dengan kombinasi konsentrasi kitosan yang optimum yaitu 9% dengan variasi konsentrasi ZnO 0 %, 1%, 3%, 6% dan 9 % ( dari berat matriks) dilakukan untuk mengetahui bagaimanakah kekuatan dan elongasi bioplastik jika antara penguat alami yang memiliki kuat tarik rendah dengan elongasi tinggi dikombinasikan dengan penguat logam yang memiliki kuat tarik tinggi dengan elongasi rendah. Dari hasil percobaan ini, dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Proses percobaan dilakukan sesuai dengan prosedur penelitian dengan memvariasikan kitosan 9% yang memiliki sifat mekanik yang paling optimum yaitu dengan kuat tarik 33.56 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 21.50% dengan ZnO 0 %, 1%, 3%, 6% dan 9 % (

dari berat matriks) dengan penambahan gliserol 25% sebagai pemlastis. Lama pemanasan dan pengadukan yang dilakukan 40 menit. Untuk bioplastik dengan kombinasi kitosan 9% dengan penguat ZnO 0% telah dilakukan pada percobaan sebelumnya, sehingga pada percobaan ini tidak dibuat bioplastik dengan konsentrasi tersebut, tetapi data-data hasil pengujian dari sampel tersebut akan digunakan. Untuk bioplastik dengan konsentrasi kitosan 9 % dikombinasikan dengan ZnO 1 %, 3% , 6% dan 9%, berikut ini adalah hasil pengamatan dari penelitian:

#### 4.2.3.1. Bioplastik dengan 9% Kitosan dikombinasikan dengan 1% ZnO , 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi Kitosan 9% dengan ZnO 1% bioplastik yang dihasilkan agak putih bening dan lebih tebal dibandingkan dengan Kitosan 9%. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik mudah dilepaskan dari cetakan.

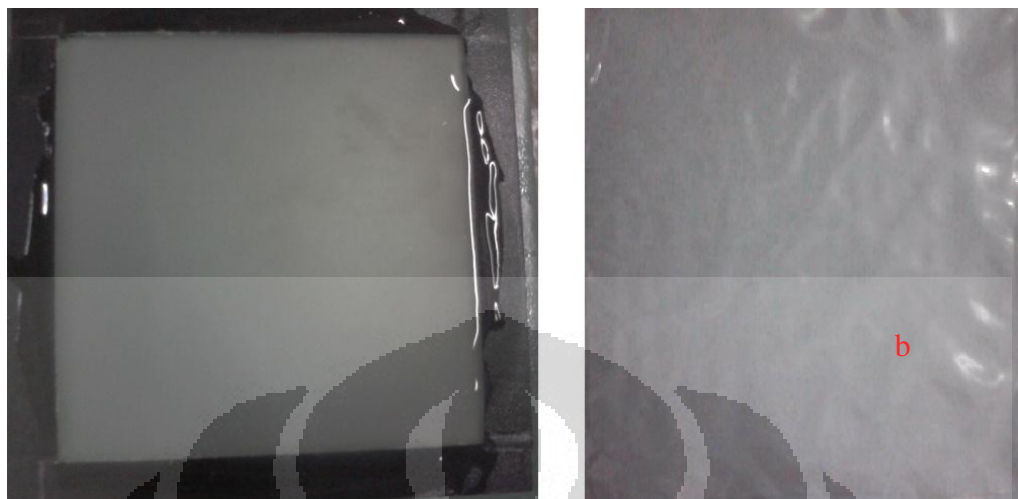


**Gambar 4. 12** Bioplastik dengan 9% Kitosan + 1% ZnO, 25% gliserol  
a) Setelah dicetak b) setelah dikeringkan

#### 4.2.3.2. Bioplastik dengan 9% Kitosan dikombinasikan dengan 3% ZnO , 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi Kitosan 9% dengan ZnO 3% bioplastik yang dihasilkan agak putih bening dan lebih tebal dibandingkan dengan kombinasi kitosan 9% dengan ZnO 1%. Secara visual gelembung-gelembung udara yang

terjebak dalam bioplastik sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik mudah dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4. 13.** Bioplastik dengan 9% Kitosan + 3% ZnO, 25% gliserol  
Setelah dicetak a) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.3.3. Bioplastik dengan 9% Kitosan dikombinasikan dengan 6% ZnO , 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi Kitosan 9% dengan ZnO 6% bioplastik yang dihasilkan agak putih pekat dan lebih tebal dibandingkan dengan kombinasi kitosan 9% dengan ZnO 3%. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik mudah dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4. 14.** Bioplastik dengan 9% Kitosan + 6% ZnO, 25% gliserol  
Setelah dicetak a) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.3.3. Bioplastik dengan 9% Kitosan dikombinasikan dengan 9% ZnO , 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi Kitosan 9% dengan ZnO 9% bioplastik yang dihasilkan agak putih sangat pekat dan lebih tebal dibandingkan dengan kombinasi kitosan 9% dengan ZnO 9%. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik sangat sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik sangat mudah dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4. 15.** Bioplastik dengan 9% Kitosan + 9% ZnO, 25% gliserol Setelah dicetak a) setelah proses pencetakan b) setelah proses pengeringan.

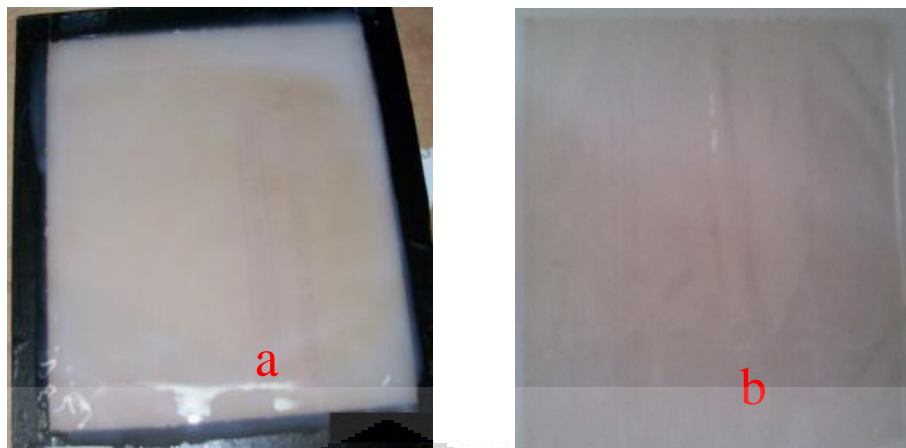
Dari hasil pengamatan pada proses dengan kombinasi penguat kitosan 9% dengan ZnO 0%, 1%, 3%, 6% dan 9% terlihat bahwa fleksibilitas lembaran plastik berkurang tetapi bioplastik semakin kaku. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ZnO mempengaruhi kekuatan dari bioplastik yang dihasilkan, maka sifat mekanik dari bioplastik pun akan dipengaruhi. Dari hasil pengamatan secara visual masih belum dapat ditentukan kondisi konsentrasi Kitosan yang optimum karena untuk menentukannya perlu diketahui karakteristik sifat mekanik, dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil karakterisasi dari bioplastik ini dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

#### **4.2.4. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan dengan ZnO dari Massa Kitosan yang Memiliki Sifat Mekanik yang Optimum**

Hasil pembuatan bioplastik dengan kombinasi konsentrasi kitosan dengan ZnO dari massa kitosan yang Memiliki Sifat Mekanik yang Optimum yaitu 9% dilakukan untuk mengetahui bagaimanakah kekuatan dan elongasi bioplastik jika antara penguat alami yang memiliki kuat tarik rendah dengan elongasi tinggi dikombinasikan dengan penguat logam yang memiliki kuat tarik tinggi dengan elongasi rendah. Dari hasil percobaan ini, dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Proses percobaan dilakukan sesuai dengan prosedur penelitian dengan memvariasikan konsentrasi kitosan 0.45 gr : ZnO 0 gr, kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr, kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr, kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr, kitosan 0gr : ZnO 0.45 yang memiliki sifat Lama pemanasan dan pengadukan yang dilakukan 40 menit. Untuk bioplastik dengan kombinasi kitosan 0.45 gr : ZnO 0 gr dan , kitosan 0gr : ZnO 0.45 telah dilakukan pada percobaan sebelumnya, sehingga pada percobaan ini tidak dibuat bioplastik dengan konsentrasi tersebut, tetapi data-data hasil pengujian dari sampel tersebut akan digunakan. Untuk bioplastik dengan kombinasi konsentrasi kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr, kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr dan kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr berikut ini adalah hasil pengamatan dari penelitian:

##### **4.2.4.1. Bioplastik dengan kombinasi konsentrasi kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr, 25% gliserol**

Pada kombinasi konsentrasi kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr bioplastik yang dihasilkan agak putih bening dan lebih tebal dibandingkan dengan Kitosan 9%. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik agak sulit dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4. 16.** Bioplastik dengan 0.34gr Kitosan, 0.11gr ZnO  
a)Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.4.2. Bioplastik dengan dengan kombinasi konsentrasi kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr, 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr bioplastik yang dihasilkan agak putih, lebih tebal dan kaku dibandingkan dengan kombinasi kitosan konsentrasi kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik mudah dilepaskan dari cetakan.

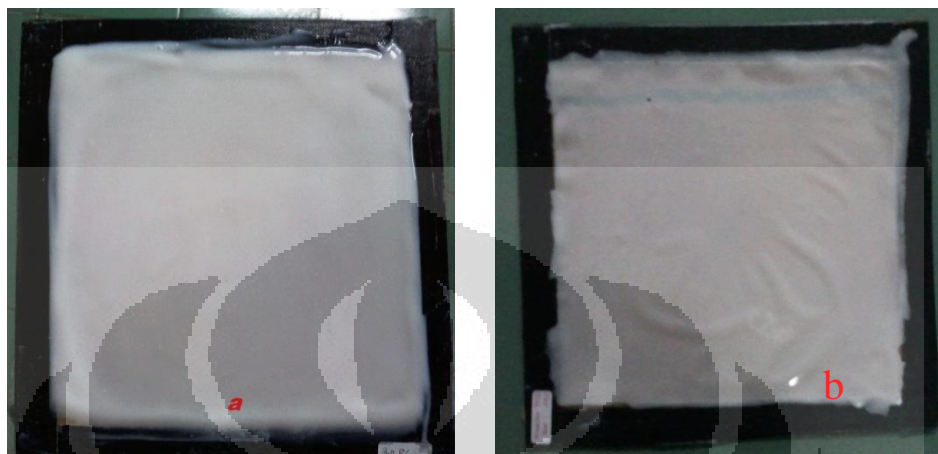


**Gambar 4. 17.** Bioplastik dengan 0.225gr Kitosan, 0.225gr ZnO  
a)Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

#### 4.2.4.3. Bioplastik dengan kombinasi konsentrasi kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr, 25% gliserol

Pada kombinasi konsentrasi kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr bioplastik yang dihasilkan putih agak pekat dan lebih tebal dibandingkan dengan kitosan 0.225gr:

ZnO 0.225gr. Secara visual gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam bioplastik ada sedikit. Bioplastik yang dihasilkan kaku, dan pada saat sudah kering bioplastik mudah dilepaskan dari cetakan.



**Gambar 4. 18.** Bioplastik dengan 0.11 gr Kitosan, 0.34gr  
a)Setelah dicetak b) setelah proses pengeringan.

Dari hasil pengamatan pada proses dengan kombinasi konsentrasi kitosan 0.45 gr : ZnO 0 gr, kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr, kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr, kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr, kitosan 0gr : ZnO 0.45 terlihat bahwa fleksibilitas lembaran plastik berkurang tetapi bioplastik semakin kaku. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ZnO mempengaruhi kekuatan dari bioplastik yang dihasilkan, maka sifat mekanik dari bioplastik pun akan dipengaruhi. Dari hasil pengamatan secara visual masih belum dapat ditentukan kondisi konsentrasi Kitosan yang optimum karena untuk menentukannya perlu diketahui karakteristik sifat mekanik, fisik, dan elektrik dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil karakterisasi dari bioplastik ini dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

### 4.3. Hasil Karakterisasi Bioplastik

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari bioplastik yang dihasilkan. Karakterisasi meliputi studi terhadap sifat mekanik dari bioplastik, struktur morfologi dan fisiologi menggunakan SEM, FT-IR, dan XRD. Dilakukan pula pengujian laju transmisi uap air dalam bioplastik menggunakan pengujian WVTR (*water vapour transmission rate*).

### 4.3.1. Hasil Analisa Sifat Mekanik

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik yaitu sifat kuat tariknya dan elongasi dari bioplastik dengan matriks pati ubi jalar dengan penguat ZnO (logam oxide), kitosan (alami) dan pemlastis gliserol 25%. Berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat mekanik yang dilakukan.

#### 4.3.1.1 Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi ZnO, dengan Konsentrasi Gliserol 25%

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/ ZnO pada konsentrasi ZnO yang berbeda-beda. Perubahan konsentrasi ZnO juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan ZnO). ZnO sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi ZnO yang ditambahkan.

Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D882 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 MPa. Spesimen yang dibutuhkan untuk menguji sifat mekanis ini berukuran 200 x 15 mm. Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.

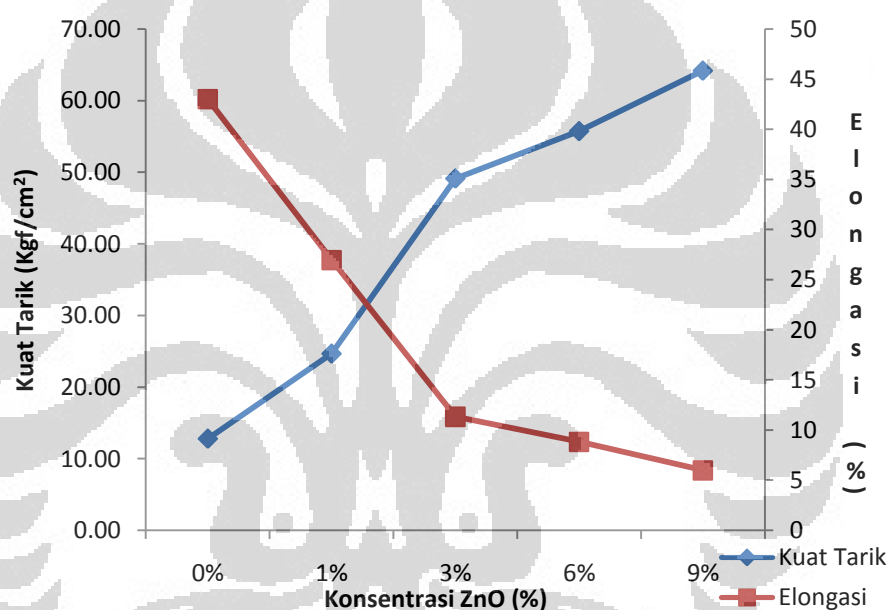
**Tabel 4. 3.** Hasil uji sifat kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>) dengan variasi konsentrasi ZnO

Sampel	ZnO 0%	ZnO 1%	ZnO 3%	ZnO 6%	ZnO 9%
1	12.23	26.18	50.29	47.41	61.43
2	13.71	23.19	59.74	57.50	62.56
3	12.57	20.45	57.41	45.59	64.67
4	10.84	21.13	39.43	58.82	68.61
5	14.32	26.67	41.56	65.14	63.98
6	13.20	28.67	46.36	60.00	63.87
7		26.49			
Rata2	12.81	24.68	49.13	55.74	64.19



**Tabel 4. 4.** Hasil uji sifat elongasi dengan variasi konsentrasi ZnO

Sampel	ZnO 0%	ZnO 1%	ZnO 3%	ZnO 6%	ZnO 9%
1	44	31.25	12	9	5
2	40	35	12	8	5
3	45	18.75	14	7	7
4	43	25	9	10	5
5	42	28.75	10	10	6
6	44	31.25	11	9	8
7		18.75			
Rata2	43	26.96	11.33	8.83	6

**Gambar 4. 19.** Pengaruh konsentrasi ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ ZnO .

Pada gambar 4.19 dapat terlihat pengaruh penambahan konsentrasi ZnO sebesar 0,1, 3, 6 dan 9%wt terhadap kuat tarik (kuat tarik) dan elongasi (kemuluran) dari bioplastik dengan matriks pati ubi jalar dengan gliserol sebagai pemlastis sebesar 25%wt. Pada saat konsentrasi ZnO yang digunakan sebesar 0%, didapatkan kuat tarik bioplastik yang paling kecil, yaitu 12.81 kgF/cm<sup>2</sup>. Penambahan konsentrasi ZnO menjadi 1% menyebabkan peningkatan nilai kuat tarik menjadi 24.68 kgf/cm<sup>2</sup> . Pada konsentrasi ZnO 3% nilai kuat tarik mengalami peningkatan menjadi 49.13 kgf/cm<sup>2</sup>. Pada konsentrasi ZnO 6% nilai

kuat tarik mengalami peningkatan menjadi  $55.74 \text{ kgf/cm}^2$ . Pada konsentrasi ZnO 9% nilai kuat tarik mengalami peningkatan menjadi  $64.19 \text{ kgf/cm}^2$

Untuk sifat elongasi bioplastik, pada saat konsentrasi ZnO yang digunakan sebesar 0%, didapatkan elongasi bioplastik yang paling besar yaitu 43 %. Penambahan konsentrasi ZnO menjadi 1% menyebabkan penurunan elongasi menjadi 26.96% . Pada konsentrasi ZnO 3% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 11.33%. Pada konsentrasi ZnO 6% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 8.83%. Pada konsentrasi ZnO 9% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 6%

Dari hasil pengujian ini, dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi ZnO 0 % pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Meningkatnya konsentrasi ZnO hingga 9% menyebabkan naiknya kuat tarik dari bioplastik yang dihasilkan. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi ZnO ini menurunkan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Perubahan sifat mekanik ini terjadi karena sifat mekanik dari film bioplastik ini dipengaruhi oleh jumlah pengisi yang digunakan. Semakin meningkatnya konsentrasi pengisi, maka nilai kuat tarik pun akan meningkat sebaliknya, elongasi dari bioplastik akan menurun. Peningkatan nilai kuat tarik ini, juga ditunjukkan oleh hasil penelitian oleh Ma pada tahun 2009. Pada hasil penelitiannya peningkatan konsentrasi ZnO dari 0 hingga 4% wt meningkatkan nilai kuat tarik dari 5,8 MPa hingga 10 MPa sedangkan untuk elongasinya mengalami penurunan dari 30% hingga 24%. Perubahan sifat mekanik ini berhubungan dengan interaksi antara ZnO dengan pati yang diplastisasi gliserol. Hal ini dikarenakan gugus-gugus pada ZnO akan menangkap elektron dari gugus hidroksil (OH) pada polimer pati sehingga gugus tersebut dapat saling berikatan. Menurut Okamoto semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi maka semakin merata persebarannya di dalam matriks polimer. Proses masuk dan berikatannya ZnO ini akan menyokong kekuatan polimer pati sehingga menyebabkan bioplastik semakin kaku. Akan tetapi proses ini justru akan semakin membuat buruknya proses plastisasi dari matriks polimer dan juga menyebabkan kerusakan dari kontinuitas matriks polimer pati ubi jalar sehingga bioplastik memiliki elongasi yang rendah .

#### 4.3.1.2. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi Kitosan, dengan Konsentrasi Gliserol 25%

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/ kitosan pada konsentrasi kitosan yang berbeda-beda. Perubahan konsentrasi kitosan juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan kitosan). kitosan sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi kitosan yang ditambahkan.

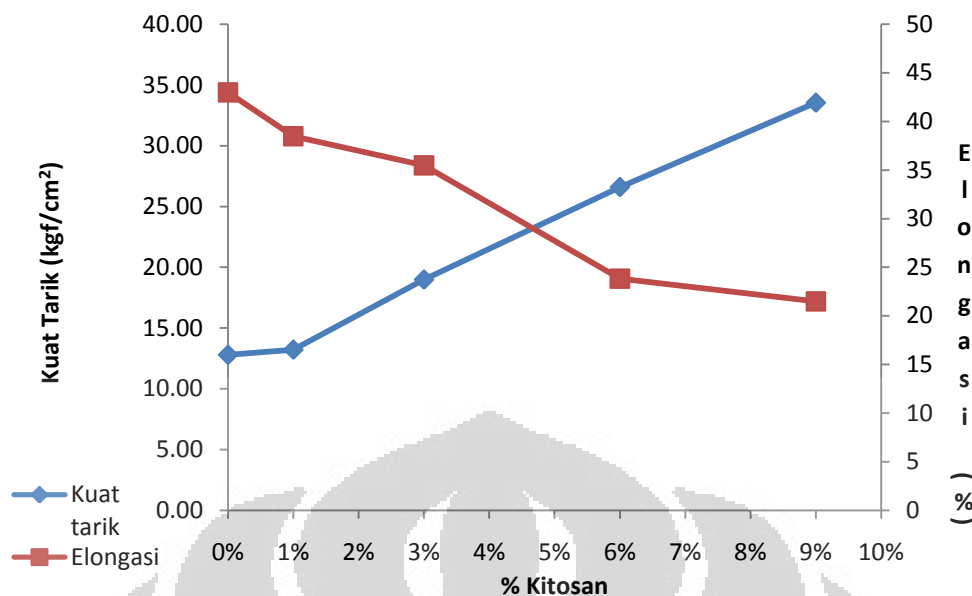
Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D882 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 MPa. Tabel 4.5 dan 4.6 menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.

**Tabel 4. 5.** Hasil uji kuat tarik ( $\text{kgf/cm}^2$ ) dengan variasi konsentrasi kitosan

Sample	0 % w Kitosan	1% w Kitosan	3% w Kitosan	6%w Kitosan	9%w Kitosan
1	12.23	13.1	20.91	29.24	35.54
2	13.71	12.41	17.36	25.81	33.33
3	12.57	12.67	18.99	26.28	32.84
4	10.84	13.99	19.11	25	35.85
5	14.32	13.07	18.29	26.75	30.25
6	13.2	14.15	19.34	29,66	34,88
Rata - rata	12.81	13.23	19.00	26.62	33.56

**Tabel 4. 6.** Hasil uji elongasi (%) dengan variasi konsentrsi kitosan

Sample	0% w Kitosan	1% w Kitosan	3% w Kitosan	6%w Kitosan	9%w Kitosan
1	44	38	34	23	22
2	40	38	35	24	21
3	45	37	37	24	23
4	43	38	35	22	20
5	42	40	37	26	23
6	44	40	35	24	20
Rata-rata	43	38.50	35.50	23.83	21.50



**Gambar 4. 20.** Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit

Dari gambar 4.20 dapat dilihat bahwa konsentrasi penguat (kitosan) sangat mempengaruhi sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan. Kekuatan tarik (*tensile strenght*) menunjukkan kecenderungan yang semakin meningkat seiring penambahan kitosan. Dengan konsentrasi kitosan 0 wt% kekuatan tariknya mencapai 12,81 kgf/cm<sup>2</sup>, konsentrasi kitosan 1 wt% kuat tariknya yaitu 13,23 kgf/cm<sup>2</sup>, konsentrasi kitosan 3 wt% kuat tariknya mencapai 19 kgf/cm, konsentrasi 6 % kuat tariknya menacapai 26,62 kg/cm<sup>2</sup> dan dengan konsentrasi 9% mencapai 33,56 kg/cm<sup>2</sup>. Peningkatan kuat tarik ini membuktikan dengan penambahan penguat kitosan bisa memperbaiki sifat mekanik matriks pati ubi jalar .

Untuk sifat elongasi bioplastik, pada saat konsentrasi kitosan yang digunakan sebesar 0%, didapatkan elongasi bioplastik yang paling besar yaitu 43%. Penambahan konsentrasi kitosan menjadi 1% menyebabkan penurunan elongasi menjadi 38.50%. Pada konsentrasi Kitosan 3% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 35.5 %. Pada konsentrasi kitosan 6% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 28,83 %. Pada konsentrasi kitosan 9% nilai elongasi mengalami penurunan menjadi 21.5 %.

Dari hasil pengujian ini, dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi kitosan pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Meningkatnya konsentrasi kitosan menyebabkan naiknya kuat tarik dari bioplastik yang dihasilkan. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi kitosan ini menurunkan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Perubahan sifat mekanik ini terjadi karena sifat mekanik dari film bioplastik ini dipengaruhi oleh jumlah pengisi yang digunakan. Semakin meningkatnya konsentrasi pengisi, maka nilai kuat tarik pun akan meningkat sebaliknya, elongasi dari bioplastik akan menurun. Begitu juga pada penelitian Chang (2010) dengan menggunakan matriks pati kentang/kitosan mengalami kenaikan kuat tarik dari 0% konsentrasi 6 % sebesar 3 MPa – 11 MPa sedangkan untuk elongasi mengalami penurunan dari 12 % - 6 %.

Dari hasil kuat tarik dan elongasi antara penguat ZnO dan penguat kitosan dimana penguat ZnO memiliki sifat kuat tarik yang lebih besar dari pada kitosan, sedangkan untuk sifat elongasinya kitosan memiliki elongasi yang lebih besar dari pada elongasi ZnO. ZnO memiliki sifat kuat tarik yang lebih besar dikarenakan penyusun layer – layer ZnO merupakan layer logam sehingga memiliki ikatan kristal yang kuat sedangkan kitosan merupakan polisakarida dimana gugus penyusunnya amin dan hidroksil yang memiliki sifat ikatan yang tidak terlalu kuat.

#### **4.3.1.3. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan yang Optimum dengan ZnO**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/kitosan/ZnO dengan konsentrasi kitosan optimum (9%) dikombinasikan dengan ZnO dengan variasi konsentrasi ZnO yaitu 0%, 1%, 3%, 6%, 9%. Kombinasi konsentrasi kitosan dan ZnO juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan kitosan/ZnO). Kitosan/ZnO sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi kitosan yang ditambahkan.

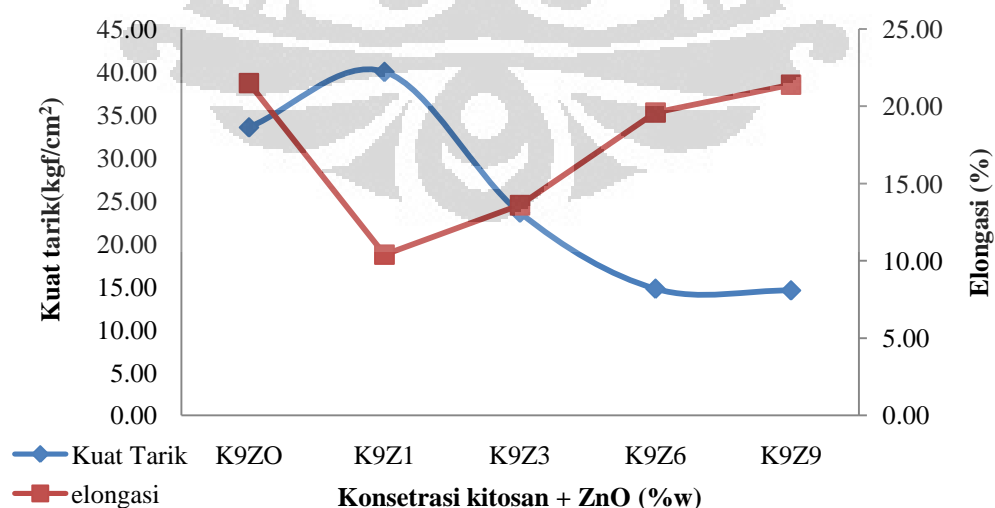
Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D882 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 MPa. Tabel 4.7 dan 4.8 menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.

**Tabel 4. 7.** Hasil uji kuat tarik (%) dengan kombinasi kitosan yang optimum dan ZnO

Sampel	Kitosan 9% + ZnO 0%	Kitosan 9%+ZnO 1%	Kitosan 9%+ZnO 3%	Kitosan 9%+ZnO 6%	Kitosan 9%+ZnO 9%
1	35.54	35.33	33.00	16.08	11.70
2	33.33	39.81	22.60	11.27	11.40
3	32.84	44.33	24.07	15.87	14.24
4	35.85	40.34	23.06	15.54	19.96
5	30.25	40.34	15.33	15.00	15.47
6	34,88				
Rata - Rata	33.56	40.03	23.61	14.75	14.55

**Tabel 4. 8.** Hasil uji elongasi (%) dengan kombinasi kombinasi kitosan yang optimum dan ZnO

Sampel	Kitosan 9% + ZnO 0%	Kitosan 9%+ZnO 1%	Kitosan 9%+ZnO 3%	Kitosan 9%+ZnO 6%	Kitosan 9%+ZnO 9%
1	22	8	13	22	24
2	21	8	14	18	20
3	23	13	15	20	21
4	20	10	12	20	20
5	23	13	14	18	22
6	20				
Rata - Rata	21.50	10.40	13.60	19.60	21.40



**Gambar 4. 21.** Pengaruh kombinasi kitosan optimum dan ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit

Dari gambar 4.21 Kekuatan tarik (*tensile strenght*) dengan konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 0% kekuatan tariknya mencapai 33.56 kgf/cm<sup>2</sup>, konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 1% kuat tariknya yaitu 40.03 kgf/cm<sup>2</sup>, konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 3% kuat tariknya mencapai 23.61 kgf/cm, konsentrasi kitosan 9 % dan ZnO 6% kuat tariknya menacapai 14.75 kg/cm<sup>2</sup> dan dengan konsentrasi kitosan 9% dan ZnO 9% kuat tarik 14.55 kg/cm<sup>2</sup>.

Untuk sifat elongasi bioplastik, pada saat konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 0% elongasi mencapai 21.50 %, konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 1% kuat tariknya yaitu 10.40 %, konsentrasi kitosan 9 wt% dan ZnO 3% elongasi mencapai 13.60 %, konsentrasi kitosan 9 % dan ZnO 6% elongasi menacapai 19.60 % dan dengan konsentrasi kitosan 9% dan ZnO 9% elongasi 21.40%.

Dari hasil pengujian ini, dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi kitosan pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Dengan meningkatnya kuat tarik maka nilai elongasinya akan turun. Kombinasi penguat kitosan dan ZnO kuat tariknya tidak mesti mengalami kenaikan. Kuat tarik meningkat pada kombinasi kitosan 9% dan ZnO 1% yaitu 40, 03 kgf/cm<sup>2</sup> lebih besar dari kitosan 9% dan ZnO 3, 6, 9% hal ini dikarenakan antara kitosan/ZnO tidak bisa saling mengisi antar layer pati.

#### **4.3.1.4. Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Kombinasi Konsentrasi Kitosan dengan ZnO dari Massa Kitosan yang Memiliki Sifat Mekanik yang Optimum.**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/kitosan/ZnO dengan konsentrasi konsentrasi kitosan 0.45 gr : ZnO 0 gr, kitosan 0.34gr : ZnO 0.11gr, kitosan 0.225gr : ZnO 0.225gr, kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr, kitosan 0gr : ZnO 0.45. Kombinasi konsentrasi kitosan dan ZnO juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan kitosan/ZnO). Kitosan/ZnO

sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi kitosan yang ditambahkan.

Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D882 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 MPa. Tabel 4.9 dan 4.10 menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.

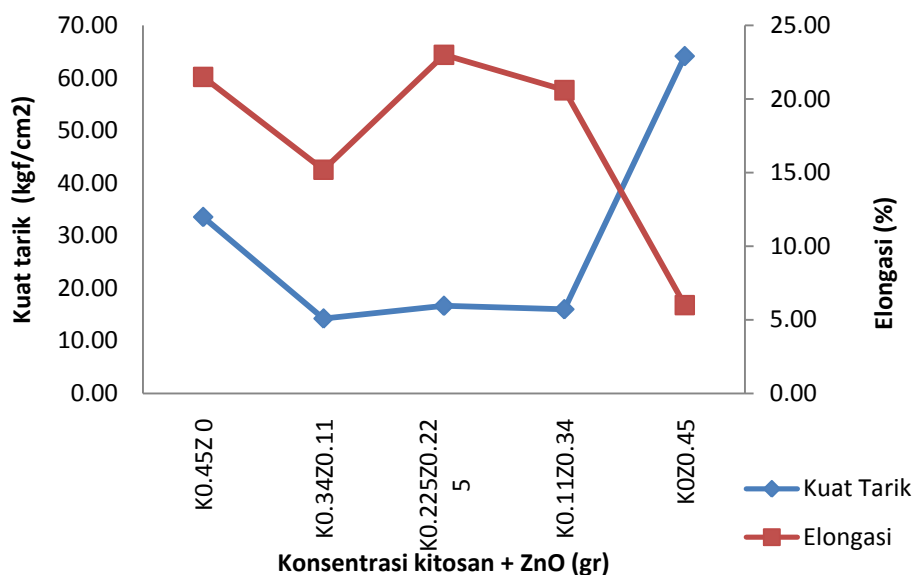
**Tabel 4. 9.** Hasil uji kuat tarik (%) dengan kombinasi kitosan dan ZnO

Sampel	Kitosan 0.45gr:ZnO 0gr	Kitosan 0.34 : ZnO 0.11gr	Kitosan 0.225gr:ZnO 0.225gr	Kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr	Kitosan 0gr : ZnO 0.45gr
1	35.54	15.64	18.09	17.14	61.43
2	33.33	13.35	16.26	15.04	62.56
3	32.84	13.74	17.39	16.31	64.67
4	35.85	15.43	18.27	15.75	68.61
5	30.25	12.95	13.18	15.69	63.98
6	34,88				63.87
Rata - Rata	33.56	14.22	16.63	15.98	64.19

**Tabel 4. 10.** Hasil uji elongasi (%) dengan kombinasi kitosan dan ZnO

Sampel	Kitosan 0.45gr:ZnO 0gr	Kitosan 0.34 : ZnO 0.11gr	Kitosan 0.225gr:ZnO 0.225gr	Kitosan 0.11gr : ZnO 0.34gr	Kitosan 0gr : ZnO 0.45gr
1	22	10	26	20	5
2	21	16	21	26	5
3	23	16	24	18	7
4	20	18	20	21	5
5	23	16	24	18	6
6	20				8
Rata - Rata	21.50	15.2	23	20.6	6





**Gambar 4. 22.** Pengaruh kombinasi kitosan dan ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi bioplastik pati ubi jalar/ kitosan lama pemanasan 40 menit

Dari gambar 4.22 Kekuatan tarik (*tensile strenght*) dengan konsentrasi kitosan 0,45 gr : ZnO 0 gr kuat tariknya yaitu 33,560 kgf/cm<sup>2</sup>, kitosan 0,34gr : ZnO 0,11gr kuat tariknya yaitu 14,222kgf/cm<sup>2</sup> , kitosan 0,225gr : ZnO 0,225gr kuat tariknya yaitu 16.638kgf/cm<sup>2</sup> , kitosan 0,11gr : ZnO 0,34gr kuaqt tariknya yaitu 15.986kgf/cm<sup>2</sup> , kitosan 0gr : ZnO 0,45 kuat tariknya yaitu 64.19kgf/cm<sup>2</sup> .

Untuk sifat elongasi bioplastik, dengan konsentrasi kitosan 0,45 gr : ZnO 0 gr elongasi yaitu 21,50 % , kitosan 0,34gr : ZnO 0,11gr elongasi yaitu 15,2 % , kitosan 0,225gr : ZnO 0,225gr elongasi yaitu 23% , kitosan 0,11gr : ZnO 0,34gr elongasi yaitu 20,6% , kitosan 0gr : ZnO 0,45 kuat tariknya yaitu 6% .

Dari hasil pengujian ini, dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi kitosan dan ZnO pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Dengan kombinasi kitosan dan ZnO justru kuat tariknya menurun hal ini dikarenakan antara kitosan dan ZnO tidak bisa mengisi layer – layer dari pati.

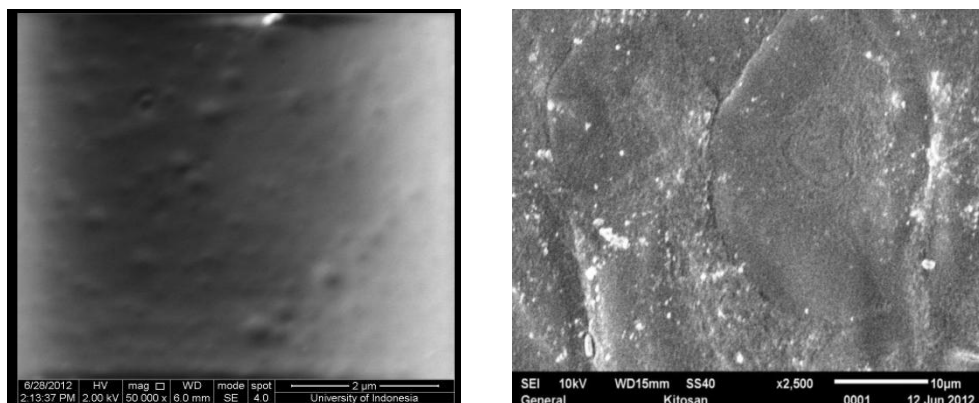
### 4.3.2. Hasil Analisa Morfologi

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat struktur morfologi dan fisiologi yaitu dengan melakukan pengujian bioplastik pati ubi jalar dengan penguat kitosan dengan menggunakan alat FTIR, XRD dan SEM dari bioplastik pati ubi jalar/ Kitosan.

#### 4.3.2.1. Analisis SEM ( Scanning Electron Microscopy)

Struktur morfologi film dianalisis menggunakan *scanning electron microscopy*. Sampel dipotong dengan ukuran yang kecil dan di letakkan pada karbon tape. Setelah itu sampel tersebut di *coating* menggunakan platina. Tujuannya adalah untuk memberikan sifat konduktor pada sampel. Gambar diambil menggunakan JEOL *scanning electron microscope*, JSM-6390A.

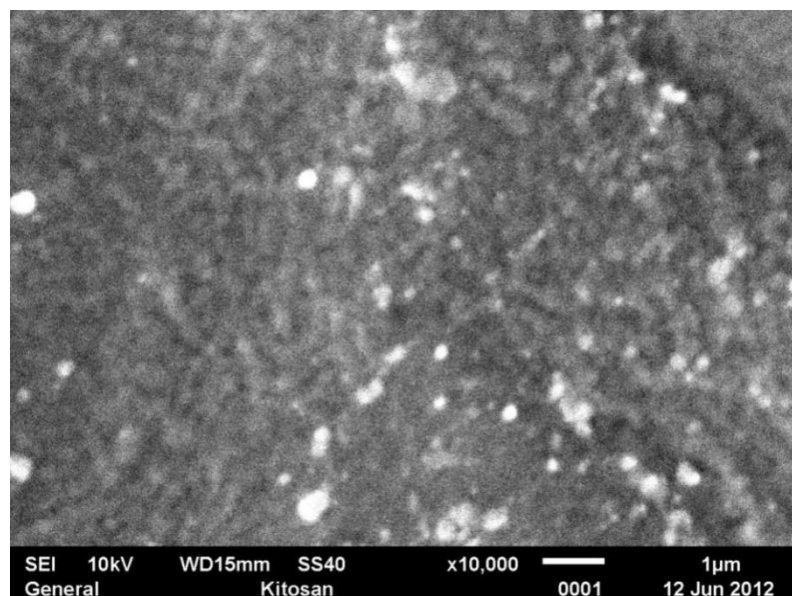
Tujuan analisis menggunakan SEM ini adalah untuk melihat struktur morfologi dari permukaan sampel dari bioplastik dan memeriksa aglomerasi penguat kitosan di dalam matriks. Gambar 4. 23 merupakan hasil SEM dari bioplastik tanpa penguat dan bioplastik dengan 9% kitosan.



**Gambar 4. 23.** a ) Hasil SEM bioplastik tanpa penguat b) Hasil SEM dari bioplastik dengan konsentrasi Kitosan 9 wt%

Pada gambar 4.23a tidak ada titik - titik putih karena pati larut dengan sempurna sedangkan titik-titik putih yang ditunjukkan pada gambar 4.23b menggambarkan distribusi ukuran partikel kitosan. Dalam gambar tersebut juga terdapat gumpalan putih agak besar. Ini mengindikasikan bahwa partikel kitosan mengalami aglomerasi mengelompok sehingga menyebabkan distribusi kitosan di dalam matriks tidak tersebar secara merata. Tidak adanya tenaga yang cukup kuat seperti proses pemanasan dan pengadukan antara kitosan dengan matriks pati inilah yang mungkin menyebabkan tidak tersebar nya partikel kitosan dengan baik.

Jika terdapat tenaga yang kuat seperti pengadukan yang baik selama proses pencampuran pada suhu gelatinisasi dan transisi glass akan dengan mudah menggabungkan partikel-partikel kitosan yang tidak saling larut ke dalam pati sehingga menghasilkan distribusi kitosan yang tersebar dengan baik. Jika aglomerasi partikel kitosan tersebut diperbesar maka akan diperoleh ukuran partikel kitosan yang lebih jelas seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.24 .



**Gambar 4. 24.** Hasil SEM yang menunjukkan aglomerasi partikel kitosan pada bioplastik dengan variasi 9%wt kitosan

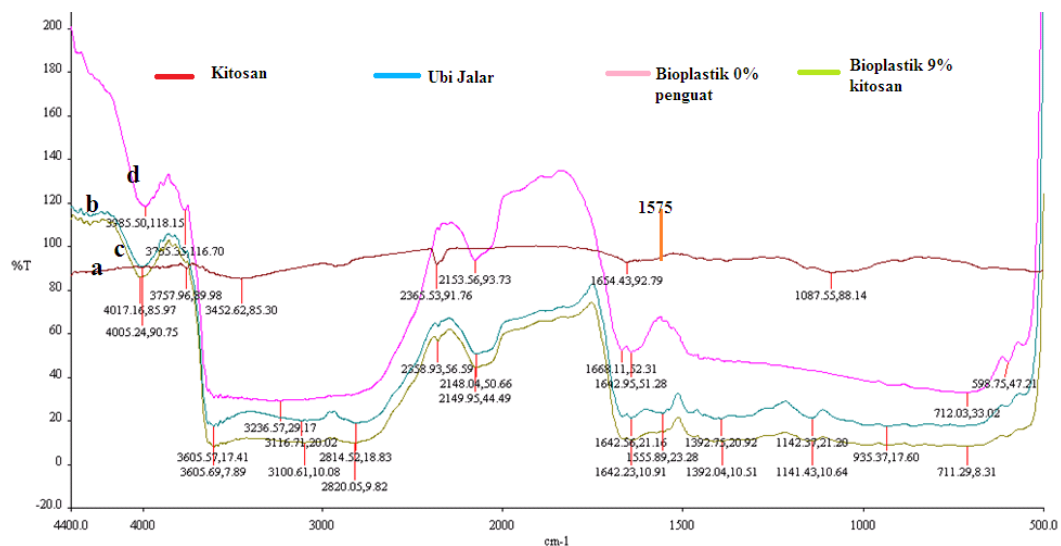
Gambar 4.24 merupakan karakteristik pengelompokan partikel kitosan yang diperbesar sampai 10.000 kali.. Hasil penelitian Chang (2010) pada bioplastik dengan 9%w kitosan menunjukkan hasil SEM yang hampir merata persebaran partikel bahan pengisinya (kitosan). Hal ini dapat dijelaskan karena penelitian ini mampu mencapai suhu yang sangat tinggi selama proses pemanasan dan pengadukan. Suhu ini yang akan memecah ikatan hidrogen pada pati kentang sehingga menghasilkan distribusi partikel kitosan yang baik.

#### **4.3.2.2. Analisa FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy)**

*Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) spektroskopi merupakan alat untuk menganalisis suatu material secara kualitatif dan kuantatif dengan memanfaatkan spektra infra merah. Teknik yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan spektra infra merah sebagai pengganti pencatatan jumlah energi

yang diserap dimana frekuensi cahaya infra merah tersebut berupa gelombang monokromatis. Teknik karakteristik secara spektroskopi infra merah merupakan teknik yang sesuai untuk identifikasi secara kualitatif material melalui analisis gugus fungsi dengan melihat puncak serapan yang muncul dalam spektrum yang selanjutnya puncak serapan tersebut dianalisis dan dibandingkan dengan tabel korelasi yang ada.

Spektrum FTIR dari film pati ubi jalar/kitosan dianalisis dengan menggunakan alat IR Prestige-21 Shimadzu. Analisis FTIR dari bioplastik digunakan untuk mengidentifikasi interaksi kitosan sebagai penguat terhadap pati ubi jalar sebagai matriksnya. Gambar 4.24 menunjukkan spektrum IR dari pati ubi jalar dan bioplastik pati ubi jalar 9% kitosan dengan gliserol 25%. Pada gambar tersebut sumbu x menunjukkan panjang gelombang serapan ( $\text{cm}^{-1}$ ) sementara sumbu y menyatakan % transmisi.



**Gambar 4. 25.** Spektrum FTIR kitosan, ubi jalar, bioplastik dengan 0% dan 9% kitosan

Seperti yang terlihat pada gambar 4.22 . Spektrum kitosan dengan panjang gelombang pada  $3452 \text{ cm}^{-1}$  merupakan regangan gugus OH dimana pada panjang gelombang  $3452$  juga ada regangan gugus NH. Pada panjang gelombang  $1570 \text{ cm}^{-1}$  adalah regangan gugus NH lemah (II amida). Pada panjang gelombang  $1654 \text{ cm}^{-1}$  adalah regangan gugus C = O (amida I), dan pada  $2928 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya peregang gugus C-H pada film kitosan. Dalam spektrum

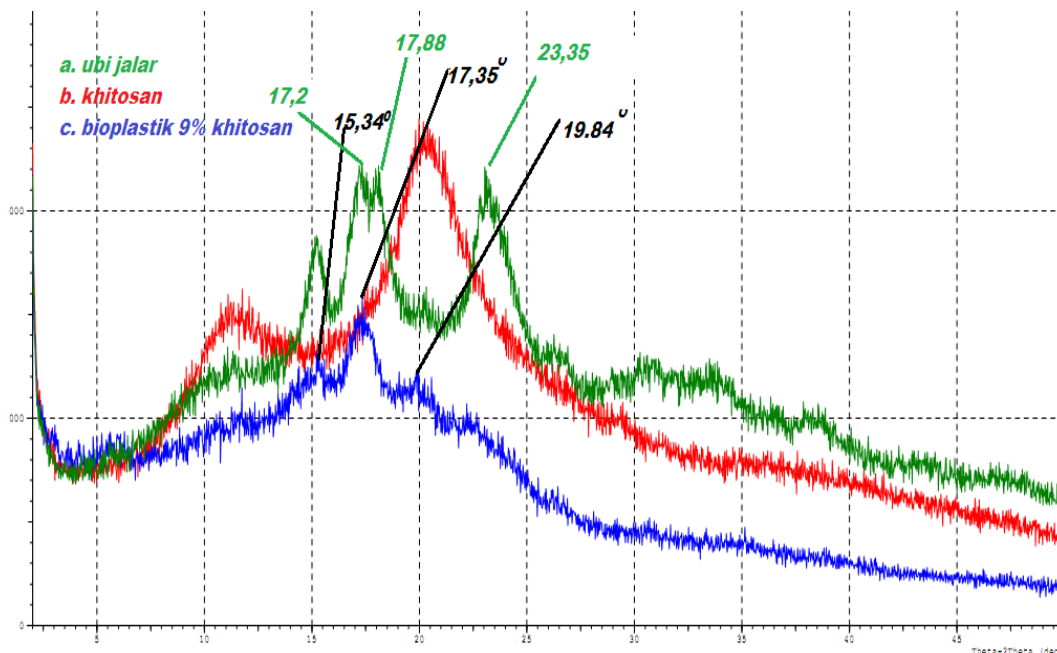
untuk film pati, pada panjang gelombang pada  $3605\text{ cm}^{-1}$  merupakan regangan gugus OH. Pada Puncak  $2816\text{ cm}^{-1}$  berhubungan dengan regangan gugus C-H, pada panjang gelombang  $1643\text{ cm}^{-1}$  adalah regang C = O, masing-masing. Band-band 763-1136 cm berhubungan dengan peregangan ikatan C - O. Untuk bioplastik tanpa penambahan kitosan % transmister lebih besar dari pada bioplastik dengan kitosan. Ketika ubi jalar/kitosan dan gliserol bercampur, campuran fisik dibandingkan interaksi kimia yang tercermin oleh perubahan puncak spektra karakteristik (Guainet al, 1998;. Yin dkk, 1999). Dalam spektrum khas film pati ubi jalar / kitosan, puncak C=O dari pati ubi jalar bergeser  $1643 - 1640\text{ cm}^{-1}$  hal ini disebabkan karena adanya penambahan gugus amina dari kitosan. Hasil ini menunjukkan bahwa interaksi yang hadir antara kelompok hidroksil dari pati dan kelompok amino dari kitosan.

#### 4.3.2.3. Analisis XRD (*X-Ray Diffraction*)

*X-ray diffractometer* merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisis bentuk kristal suatu material. Perubahan dalam intensitas yang terdifraksi diukur, direkam, dan diplot terhadap sudut difraksi ( $2\theta$ ). Analisis menggunakan XRD memungkinkan untuk menentukan struktur kristal, analisis fase kuantitatif dan kualitatif, ukuran kristal, maupun perhitungan kisi-kisi dari material tersebut.

Pola difraksi *X-Ray* dari matriks pati ubi jalar, pengisi kitosan dan biopalstik dianalisis menggunakan *X-Ray diffractometer* tipe XD-7000 Shimadzu dengan target radiasi Cu ( $\lambda = 0,154056\text{ nm}$ ) yang dioperasikan pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Pola difraksi diukur diantara  $2\theta = 2^\circ - 50^\circ$  dengan *scanning rate*  $0,02^\circ$ . Pola difraksi diukur diantara  $2\theta = 5^\circ - 50^\circ$  dengan *scanning rate*  $0,02^\circ$ .

Matriks, bahan pengisi (Kitosan), dan bioplastik dengan konsentrasi Kitosan 9 % dianalisis menggunakan XRD dan hasilnya seperti pada gambar 4.23.



**Gambar 4. 26.** Pola XRD dari bioplastik dengan konsentrasi kitosan, Ubi jalar, Bioplastik dengan 9% kitosan

Seperti yang terlihat pada gambar 4.23, pola XRD ubi jalar memperlihatkan 3 puncak yang tajam (100) saat  $2\theta = 17,2^\circ$  dengan *d-spacing* sebesar 5,15 nm, sementara untuk puncak kedua (002) saat  $2\theta = 17,88^\circ$  dengan *d-spacing* sebesar 4,95 nm, dan puncak ketiga (101) saat  $2\theta = 23,35^\circ$  dengan *d-spacing* sebesar 3,8 nm diantara lapisan kitosan tunggal. Akan tetapi pada setelah kitosan dicampur dengan gliserol menggunakan ultrasonik, ketiga puncak tersebut mengalami perubahan pergeseran sudut  $2\theta$  dan ukuran puncak yang semakin kecil. Pergeseran sudut  $2\theta$  kekiri dari pola XRD tunggal kitosan dengan pola bioplastik kitosan 9% menunjukkan adanya pencampuran pati, kitosan dan gliserol dan struktur kristalnya semakin kecil.

Wang Ning et al. (2009) memperoleh hasil yang sama dengan penggunaan penguat MMT dengan pemlastis gliserol menggunakan ultrasonik. Terjadi perluasan pergeseran sudut dan jarak interlayer dari penguat setelah mengalami pencampuran. Menurut Wang Ning, hasil tersebut menjelaskan bahwa secara efektif gliserol yang dapat menginterkalasi dan memperbesar lapisan penguat. Pada saat yang sama puncak juga mengalami pengecilan. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan tinggi yang diberikan oleh ultrasonik menggeser dan bisa menghancurkan struktur multilayer dari penguat terhadap kehadiran gliserol.

### 4.3.3. Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Pengujian *water vapour transmission rate* dari film bioplastik pati ubi jalar/Kitosan bertujuan untuk mengetahui laju transmisi masuksnya uap air ke dalam bioplastik. Pengujian ini mengacu pada ASTM E-96 M-05 dengan menggunakan metode *dessicant* dari material yang diuji. Langkah-langkah pengujian WVTR adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji berbentuk lingkaran dengan luas permukaan 50 cm<sup>2</sup> sebanyak empat buah untuk tiap-tiap variasi dari film sampel.
2. Meletakkan spesimen di atas wadah berbentuk lingkaran yang berisi material *dessicant* CaCl<sub>2</sub> dengan cara menutup wadah dengan spesimen hingga tertutup rapat dan dipastikan tidak ada udara dari luar yang masuk ke dalam wadah.
3. Menimbang spesimen dan wadah berisi *dessicant* CaCl<sub>2</sub> tersebut (m<sub>1</sub>)
4. Memasukkan spesimen uji ke dalam desikator berisi uap air dan garam.
5. Mengeluarkan spesimen dari dalam desikator setiap satu jam sekali selama empat jam dan kemudian menimbang beratnya (m<sub>2</sub>).

Perhitungan WVTR dari spesimen dapat diperoleh melalui persamaan matematis 4.24.

$$\text{WVTR} = \left( \frac{G}{t} \right) A \quad (4.3)$$

dimana:

G	= perubahan berat (m <sub>2</sub> -m <sub>1</sub> )	(gr)
t	= waktu terjadinya G	(h)
A	= area uji (luas spesimen)	(m <sup>2</sup> )
(G/t)	= slope garis lurus	(gr/h)

Selama proses pengujian WVTR terhadap sampel bioplastik pati ubi jalar/kitosan dimana diambil yang terbaik dari sifat mekanik penguat alami yaitu kitosan 9%, sampel diukur kondisi suhu dan RH-nya di dalam desikator. Suhu di dalam desikator yang dicatat selama proses pengujian adalah 26-27°C dengan RH sebesar 65-66%. Gambar 4.18 merupakan ilustrasi perlakuan sampel selama pengujian WVTR.



**Gambar 4. 27.** Ilustrasi prosedur pengujian WVTR yang mengacu pada ASTM E-96 M-05

Pada gambar 4.25 bagian 4 merupakan langkah penimbangan dari berat sampel bioplastik di dalam wadah yang berisi  $\text{CaCl}_2$ . Hasil penimbangan keempat sampel untuk tiap-tiap variasi setiap satu jam kemudian diolah datanya menggunakan persamaan 4.3. Dari uji WVTR dengan sampel bioplastik 9% kitosan didapatkan nilai WVTRnya sebesar  $11.17 \text{ g/m}^2 \cdot \text{jam}$ .

Sedangkan dari penelitian sebelumnya (Zayyanatun,2011) dengan penguat 6%  $\text{ZnO}$  dan gliserol 25% didapatkan nilai WVTRnya  $4,581 \text{ g/m}^2$ . Dimana nilai WVTR dengan penguat logam  $\text{ZnO}$  lebih kecil dibandingkan dengan penguat alami kitosan, hal ini disebabkan karena penguat logam memiliki resistensi yang baik daripada penguat alami kitosan yang tersusun dari polisakarida.

#### 4.3.4. Uji Biodegradabilitas

Untuk mengetahui biodegradabilitas dari bioplastik yang dibuat maka dilakukan pengujian *soil burial test* dengan tujuan untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi sehingga akan bisa diramalkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Pada metode ini hanya dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah yang terkontrol sifat



fisik dan kimiawinya kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/day).

Pengujian biodegradabilitas ini dilakukan pada sampel bioplastik berukuran 2,5x1,5 cm dengan variasi konsentrasi gliserol (wt%) 10, 20, dan 30% serta variasi konsentrasi Kitosan (wt%) 0, 1, 2, dan 3% seperti pada gambar 4.25.



**Gambar 4. 28.** Bioplastik berukuran 2,5x1,5 cm sebagai sampel *soil burial test*

Pengujian dilakukan pada 4 buah sampel untuk masing-masing variasi. Pengurangan massa sampel dilihat tiap 2 hari sekali selama 8 hari. Akan tetapi metode ini memiliki banyak kekurangan jika digunakan pada sampel *edible film*. Metode ini tidak dapat membedakan dan mengontrol apakah pengurangan berat sampel lebih disebabkan karena aktivitas mikroorganisme ataukah oleh degradasi absorpsi air yang masuk ke dalam film. Oleh karenanya sangat disarankan untuk mengontrol sifat fisika dan kimia dari tanah yang digunakan seperti konsentrasi air dalam air yang tidak terlalu tinggi.

Sampel ditimbang berat bersihnya sebelum dikubur dalam tanah kemudian tiap lima hari sekali sampel dikeluarkan dari dalam tanah untuk ditimbang beratnya dalam keadaan kering. Adapun untuk mencari fraksi berat residual digunakan persamaan matematis 3.1.

$$\% \text{ berat residual} = 100\% - \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad (4.1)$$

dimana:

$W_1$  = berat sampel pada hari ke- 0 (gr)

$W_2$  = berat sampel pada hari ke- 5, 10, 15, 20, dan 25 (gr)

Tabel 4.16, 4.17, dan 4.18 menunjukkan hasil uji biodegradabilitas 3 buah sampel untuk masing-masing variasi.

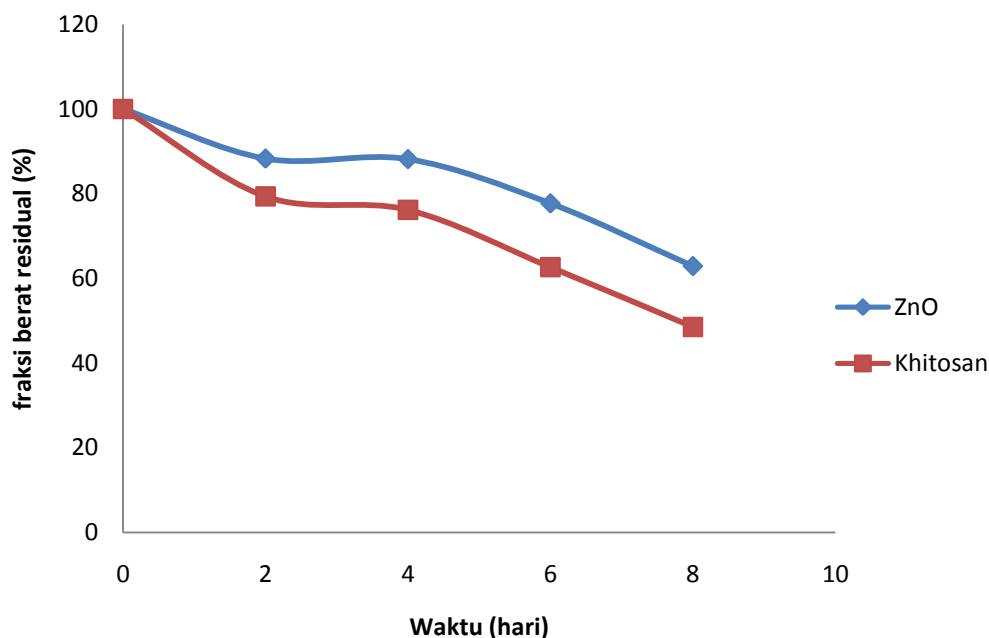
**Tabel 4. 11.** Hasil uji biodegradabel bioplastik dengan penguat 9% kitosan

Variasi	sampel	Fraksi berat residual (%)				
		hari ke 0	hari ke 2	hari ke 4	hari ke 6	hari ke 8
Kitosan 9%	1	100	82.57	75.69	64.23	45.18
	2	100	76.31	70.55	60.19	50.54
	3	100	75.20	79.46	66.33	49.74
	4	100	83.33	79.00	59.81	48.68
Rata - rata		100	79.35	76.18	62.64	48.53

**Tabel 4. 12.** Hasil uji biodegradabel bioplastik dengan penguat 9% ZnO

Variasi	Sampel	Fraksi berat residual (%)				
		hari ke 0	hari ke 2	hari ke 4	hari ke 6	hari ke 8
ZnO 9%	1	100	90.15	81.79	81.07	61.54
	2	100	86.35	84.98	76.05	63.61
	3	100	87.00	96.81	76.54	60.75
	4	100	89.67	89.06	77.16	65.64
Rata - rata		100	88.29	88.16	77.70	62.89

Tabel-tabel tersebut merupakan hasil perhitungan untuk mendapatkan fraksi berat residual dalam *soil burial test* terhadap 4 jenis sampel berbeda selama 8 hari menggunakan persamaan 4.1. Ketiga sampel yang berbeda tersebut kemudian dicari rata-rata untuk tiap-tiap jenis variasi pada hari ke-2, 4, 6, 8. Hasil rata-rata ini kemudian diplot fraksi berat residual (%) terhadap waktu (hari) dari bioplastik dengan variasi penguat antara kitosan dan ZnO masing 9 wt% seperti pada gambar 4.26.



**Gambar 4. 29.** Biodegradabilitas dari bioplastik dengan variasi kitosan dan ZnO

Gambar 4.27 menunjukkan biodegradabilitas dari bioplastik dengan matriks ubi jalar dengan penguat 9% kitosan ( —■— ) dan 9% ZnO ( —◆— ). Perbedaan penguat antara penguat alami kitosan dan penguat logam ZnO menunjukkan perbedaan tingkat biodegradabilitas, dimana penguat kitosan memiliki tingkat biodegradabel yang lebih tinggi dari pada penguat ZnO. Hal ini disebabkan ZnO merupakan partikel logam sehingga ZnO akan sulit terdegradasi oleh mikroorganisme sedangkan kitosan merupakan unsur polisakarida sehingga kitosan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Bahkan Menurut Wang Z. L. (2008) partikel ZnO akan bertindak sebagai agen penyerang mikroorganisme sehingga dengan konsentrasi ZnO lebih besar frekuensi penyerangan terhadap mikroorganisme pengurai menjadi lebih tinggi. Ini menjadi sebuah harapan bahwa ZnO dapat menjadi partikel yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan berikut:

1. Dari hasil pengujian sifat mekanik dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi penguat ZnO dan kitosan akan meningkatnya nilai kuat tarik dan menurunnya nilai elongasi. Dari nilai kuat tarik tersebut bisa disimpulkan bahwa nilai kuat tarik penguat logam ZnO lebih besar dari pada penguat alami kitosan. Sedangkan untuk nilai elongasi lebih tinggi penguat kitosan dari pada penguat ZnO. Hal ini karena ZnO memiliki sifat seperti logam dimana memiliki kuat tarik yang besar tapi elongasi rendah. Sedangkan untuk uji laju transmisi uap air ZnO lebih kecil hal ini disebabkan ikatan kristal lebih dekat sehingga lebih kuat dari pada ikatan partikel kitosan dengan pati dan gliserol. Hasil pengujian sifat mekanik bioplastik dapat dilihat pada tabel 5.1. Untuk tabel 5.2 untuk hasil pengujian kombinasi penguat kitosan dan ZnO

**Tabel 5. 2** Hasil pengujian sifat mekanik penguat ZnO, kitosan

Pengujian	ZnO					Kitosan				
	0%	1%	3%	6%	9%	0%	1%	3%	6%	9%
Kuat tarik	12.81	24.68	49.13	55.74	64.19	12.81	13.23	19	26.62	33.56
Elongasi	43	26.96	11.33	8.83	6	43	38.50	35.50	23.83	21.50

**Tabel 5. 3** Hasil pengujian sifat mekanik dengan kombinasi penguat kitosan dan ZnO

Pengujian	Kitosan/ZnO					Kitosan/ZnO				
	9% +0%	9%+	9%+3 %	9%+6 %	9%+9 %	0%	1%	3%	6%	9%
Kuat tarik	12.8 1	24.68	49.13	55.74	64.19	12.81	13.23	19	26.62	33.56
Elongasi	43	26.96	11.33	8.83	6	43	38.50	35.50	23.83	21.50

2. Dari hasil analisis XRD dan FT-IR didapatkan bahwa pati ubi jalar, kitosan, dan gliserol berinteraksi membentuk suatu struktur baru. Dari hasil SEM dapat terlihat persebaran kitosan pada matriks. Dari hasil SEM terlihat distribusi kitosan pada bioplastik yang dihasilkan tidak merata kitosan pada matriks menyatu dan membentuk gumpalan-gumpalan.
3. Dari uji biodegradabelnya bioplastik dengan penguat ZnO memiliki tingkat biodegradabel yang lebih dari pada kitosan, hal ini dikarenakan ZnO merupakan logam oxide yang sulit untuk terdegradasi oleh mikroorganisme sedangkan kitosan merupakan unsure polisakarida sehingga sangat mudah terdegradasi oleh mikroorganisme.

## 5.2. SARAN

1. Dari hasil penelitian ini, proses ultrasonikasi ZnO dan gliserol sangat berpengaruh terhadap ukuran partikel ZnO. Hasil SEM menunjukkan bahwa terdapat partikel ZnO yang tersebar dalam matriks pati umbi garut yang berukuran di bawah 100 nm dalam jumlah kecil. Oleh karena itu disarankan untuk memvariasikan lama waktu proses ultrasonikasi melalui penelitian selanjutnya. Hal ini karena perlakuan dari ultrasonik terhadap ZnO menyebabkan berubahnya ukuran partikel.
2. Pengadukan harus merata mungkin dan dijaga konstan, jika tidak akan terjadi granular-granular pada campuran larutan setelah ditambahkan dengan pati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Khairurrijal. (2008). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* .
- Akimov, I. A., Denisyuk, I. Y., & Meshkov, A. M. (1992). *Opt. Spectrosc.* , 72, 558.
- Alemdar, A., & Sain, M. (2008). Biocomposites from wheat straw nanofibers: Morphology, thermal and mechanical properties. *Composites Science and Technology* 68 , 557–565.
- Avella, & Maurizio. (2009). Eco-challenges of bio-based polymer composites. *Materials* , 2, 911-925.
- Averous, L., & Boquilon, N. (2004). Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. *Carbohydrate Polymers* 56 , 111-122.
- Bayandori, Moghaddam, A., Badraghi, T. N., & kazemzad, M. (2009). Synthesis of Kitosan nanoparticles and electrodeposition of Polypyrrole/Kitosan nanocomposite film. *Int J Electrochem Sci* , 4, 247-257.
- Chandramouleeswaran, S., Mhaskel, S., Kathe, A., Varadarajan, P., Virendra, P., & Vigneshwaran, N. (2007). Functional behaviour of polypropylene/Kitosan soluble starch nanocomposites. *Nanotechnology* , 385702-385709.
- Chang, P. R., Jian, R., Aheng, P., Yu, J., & Xiaofei, M. (2010). Preparation and properties of glycerol plasticized-starch (GPS)/cellulose nanoparticle (CN) composites. *Carbohydrate Polymers* 79 , 301-305.
- Chang, P. R., Jian, R., Yu, J., & Ma, X. (2010). Fabrication and characterisation of chitosan nanoparticles/plasticised-starch composites. *Food Chemistry* 120 , 736-740.
- Chang, P. R., Jian, R., Yu, J., & Ma, X. (2010). Starch-based composites reinforced with novel chitin nanoparticles. *Carbohydrate Polymers* 80 , 420–425.
- Darder, M. (2008). Design and preparation on layered solids with functional and structural properties. *J Materials Science and Technology* , 24, 1100-1110.

- Dharma, J., & Pisal, A. (n.d.). Simple Method of Measuring the Band Gap Energy Value of TiO<sub>2</sub> in the Powder Form using a UV/Vis/NIR Spectrometer. *Application Note* . USA.
- Dong, Y. (2009). Optical properties of Poly (3-alkyl thiophenes)/ZnS nanocomposites. *High Perform Polymers* , 21, 355-361.
- Firdaus. (n.d.). Retrieved June 15, 2010, from <http://firdaus.unhalu.ac.id/?p=755>
- H.J, P., & et, a. (1993). Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-Based Edible Film. *Journal Food Science* , 1361-1370.
- Huang, M., Yu, J., & Ma, X. (2006). High mechanical performance MMT-urea and formamide-plasticized thermoplastic cornstarch biodegradable nanocomposites. *Carbohydrate Polymers* 63 , 393-399.
- Jonoobi, M., Harun, J., Mathew, A. P., & Oksman, K. (2010). Mechanical properties of cellulose nanofiber (CNF) reinforced polylactic acid (PLA) prepared by twin screw extrusion. *Composites Science and Technology* 70 , 1742–1747.
- Juanda, D., & Cahyono, B. (2000). *Ubi Jalar, Budi Daya Dan Analisis Usaha Tani*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kampeerappun, P., Aht-ong, D., Pentrakoon, D., & Srikulkit, K. (2006). Preparation of cassava starch/montmorillonite composite film. *Carbohydrate Polymers* .
- Kwok, K. N. (1995). *Complete Guide To Semiconductor Device*. McGraw-Hill, inc.
- Kyoung, S. c. (n.d.). Band Gap Tuning of Zinc Oxide Films for Solar Energy Conversion. *A CASPiE Module* . West Lafayette, Indiana, USA.
- Li, G., & Ni, X. (2008). A novel photoconductive KITOSAN/PVK nanocomposite prepared through photopolymerization induced by semiconductor nanoparticles. *Materials Letters* , 62, 3066-3069.
- Li, R., Liu, C., & Ma, J. (2011). Studies on the properties of graphene oxide-reinforced starch biocomposites. *Carbohydrate Polymers* 84 , 631–637.
- Lu, Y., Weng, L., & Cao, X. (2006). Morphological, thermal and mechanical properties of ramie crystallites—reinforced plasticized starch biocomposites. *Carbohydrate Polymers* 63 , 198–204.

- Ma, X. F., Chang, P., Yang, J., & Yu, J. (2008). Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starch/zinc oxide starch bionanocomposite. *Carbohydrate Polymers* , 75, 472-478.
- Ma, X., Chang, P. R., Yang, J., & Yu, J. (2009). Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starch/zinc oxide-starch bionanocomposites. *Carbohydrate Polymers* 75 , 472-478.
- Ma, X., Chang, P. R., Yu, J., & Lu, P. (2008). Characterizations of glycerol plasticized-starch (GPS)/carbon black (CB) membranes prepared by melt extrusion and microwave radiation. *Carbohydrate Polymers* 74 , 895-900.
- Ma, X., Chang, P. R., Yu, J., & Stumborg, M. (2009). Properties of biodegradable citric acid-modified granular starch/thermoplastic pea starch composites. *Carbohydrate Polymers* 75 , 1-8.
- Ma, X., Yu, J., & Wang, N. (2008). Glycerol plasticized-starch/multiwall carbon nanotube composites for electroactive polymers. *Composites Science and Technology* 68 , 268-273.
- Ma, X., Yu, J., & Wang, N. (2007). Production of thermoplastic starch/MMT-sorbitol nanocomposites by dual-melt extrusion processing. *Macromol.Mater eng* , 723-728.
- Ma, X., Yu, J., & Zhao, A. (2006). Properties of biodegradable poly(propylene carbonate)/starch composites with succinic anhydride. *Composites Science and Technology* 66 , 2360–2366.
- Mallapragada, S., & Narasimhan, B. (2006). *Handbook of biodegradable polymeric materials and applications, vol.1*. American Scientific Publishers.
- Manias, E., & Touny, A. (2001). *Chem Mater* , 13:3516.
- Martins, I. M., Magina, S. P., Oliveira, L., Freire, C. S., Silvestre, A. J., Neto, C. P., et al. (2009). New biocomposites based on thermoplastic starch and bacterial cellulose. *Composites Science and Technology* 69 , 2163–2168.
- Mubarok, F. (2008). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Surabaya.
- Myllärinen, P., Partanen, R., Seppälä, J., & Forssell, P. (2002). Effect of glycerol on behaviour of amylose and amylopectin film. *Carbohydrate Polymers* , 355-361.



- Ning, W., Xingxiang, Z., Na, H., & Shihe, B. (2009). Effect of citrate acid and processing on performance of thermoplastic starch/monorillonite nanocomposites. *Carbohydrate Polymers* , 76, 68-73.
- Ogut, E. (2007). Poly(vinylidene fluoride)/Zinc Oxide smart composite material. *Proc. of SPIE* , 6526 (DOI: 10.1117/12.717703), 1-10.
- Palosaari, J., Juuti, J., Heinonen, E., Moilanen, V., & Jantunen, H. (2009). Electromechanical performance of structurally graded. *J Electroceram* , 156–162.
- Pandey, J., & Reddy, K. (2005). *Polym Degrad Stab* , 88(2) : 234.
- Park, H., Lee, W., Park, C., Cho, W., & Ha, C. (2003). mechanical, thermal, and barrier properties of thermoplastic starch/ clay nanocomposites. *Journal of material science* , 38, 909-915.
- Pinottia, A., Noemi E, Z., & Gracia, M. A. (2006). Physicochemical, water vapor barrier and mechanical properties of corn starch and chitosan composite films. *Starch/Starke* , 58, 453-463.
- Puspita, T & SANjaya, Gede (2011). Pengaruh penambahan kitosan dan plasticizer gliserol pada karakteristik plastik biodegradabel dari pati limbah kulit singkong. Skripsi Teknik Kimia-ITS
- Purwono, & Purnamawati, H. (2007). *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Depok: Penebar Swadaya.
- Rosa, M. F., Chiou, B.-s., Medeiros, E. S., Wood, D. F., Williams, T. G., Mattoso, L. H., et al. (2009). Effect of fiber treatments on tensile and thermal properties of starch/ethylene vinyl alcohol copolymers/coir biocomposites. *Bioresource Technology* 100 , 5196–5202.
- Santosa, B., Narta, & Widowati, S. (1997). Studi Karakteristik Pati Ubi Jalar. *Seminar Teknologi Pangan*, (pp. 301-307). Denpasar.
- Shen, Z., & Simon, G. (2002). *Polymer* , 43(15) : 4251.
- Singh, D. B., Kumar, A., & Tayal, V. P. (2007). Effect of moisture and electronic on the electrical conductivity of nanometal. *J. Mater. Sci.*, 23 , 3015-3025.
- Tang, X., & Alavi, S. (2011). Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydrate Polymers* 85 , 7-16.

- Thakore, I., Desai, S., Sarawade, B., & Devi, S. (2001). Studies on biodegradability, morphology and thermomechanical properties of LDPE/modified starch blends. *Eur. Polym. J* , 151-160.
- Tjong, S., & Liang, G. (2006). Electrical properties of low density polyethelene/Kitosan nanocomposites. *Materials Chemistry and Physics* , 100, 1-5.
- Trisnanto, M. D. (2009). Konduktivitas dan waktu peningkatan arus dalam sintesis potianitin.
- Wan, Y. Z., Luo, H., He, F., Liang, H., Huang, Y., & Li, X. (2009). Mechanical, moisture absorption, and biodegradation behaviours of bacterial cellulose fibre-reinforced starch biocomposites. *Composites Science and Technology* 69 , 1212-1217.
- Wang, N., Jiugao, Y., Xiaofei, M., & Chunmei, H. (2009). An Investigation of the Physical Properties of Extrude Glycerol- and Formamide- Plasticized Cornstarch. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* , 273-290.
- Wang, S., & Lee, S.-h. (2006). Biodegradabel polymers/bamboo fiber biocomposite with bio-based coupling agent. *Composites: Part A* 37 , 80-91.
- Wang, Z. L. (2008). Toward self-powered nanosystems: From nanogenerators to nanopiezotronics. *Advanced Functional Materials* , 18 (DOI:10.1002/adfm.200800541), 3553-3567.
- Wirjosentono, B. (1995). *Analisis dan karakterisasi polimer*. Medan: USU Press.
- Yusmarlela. (2009). Studi pemanfaatan plastisiser gliserol dalam film pati ubi dengan pengisi serbuk batang ubi kayu. *Tesis Program Pascasarjana USU* . Medan.
- Zhang, X., Qi, G., & Daxing, C. (2009). Recent advanceds in nanotechnology applied to biosensors. *Journal Sensors* , 9, 1033-1053.
- Zhong, Q.-P., & Xia, W.-S. (2008). Physicochemical properties of edible and preservative filmfrom Chitosan/Cassava starch/gelatin blend plasticized with glycerol. *Food Techno Biotechnol* , 46 (30), 262-269.

## LAMPIRAN

### 1. Hasil Pengujian Kandungan dari Pati Ubi Jalar.

Parameter	Satuan	Hasil	Metoda Uji/Teknik
Air	%	11,4	SNI. 01-2891-1992, butir 5.1
Abu	%	0,48	SNI. 01-2891-1992, butir 6.1
Protein ( N x 6,25 )	%	0,30	SNI. 01-2891-1992, butir 7.1
Lemak	%	0,07	SNI. 01-2891-1992, butir 8.2
Karbohidrat	%	87,8	Pengurangan
Amilosa	%	11,6	Spektrofotometri
Amilopektin	%	76,2	Perhitungan

**H A S I L**  
TEST RESULT

Nomor Seri : 4754  
Serial Number

Nomor / Number : 4754/LHU/Bd/ABICAL.1/ V /2011

Nomor Analisis : 4975  
Analysis Number

Halaman / Page : 2      Dari / of 2

**ASLI**  
ORIGINAL

Laboratorium Analisis dan Kalibrasi  
Balai Besar Industri Agro


Analytical and Calibration Laboratories  
Center for Agro-Based Industry

Deputi Manajer Teknis  
Pengujian II  
(Niti Sundari)

sr/rp

HASIL PENGUJIAN INI TIDAK UNTUK DIGANDAKAN  
DAN HANYA BERLAKU UNTUK CONTOH-CONTOH  
TERSEBUT DIATAS.  
PENGAMBILAN CONTOH BERTANGGUNG JAWAB  
ATAS KEBENARAN TANDING BARANG.

## 2. Hasil pengukuran partikel kitosan menggunakan PSA



  
**REPORT OF ANALYSIS**

Report No. : 008/KRT-NTI/II/2012 Date: 27/02/2012  
 Applicant : Ervan FT Kimia UI  
 Type of sample : Powder  
 Sample receive on : February 24th 2012  
 Type of analysis : Particle Size Analyzer

**RESULT**



1. Particle Size Analyzer



No.	Sampel	Run	Polydispersity Index	Size (nm)	Method
1	ZnO	1	0.276	257.7 ± 74.4	PCS
		2	0.244	663.9 ± 187.0	
		3	0.377	410.5 ± 176.6	



Chief Inspector : 
  
 Notes:
 

1. These analysis results are only valid for the tested samples.
2. This report will be invalid if deficient or partly duplicated.
3. This report is valid if it signed by authorized inspector and with a special stamp for inspection.

## 3. Lampiran uji kuat tarik dan elongasi

	<b>LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)</b>	No. Format : 5.10-01-03/rev.3			
<b>NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL</b>					
Nomor Analisa : 0400/KB/2012 Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Kitosan 1%		Tanggal Terima : 07-05-2012 Tanggal Selesai : 25-05-2012			
<b><u>KONSEP LAPORAN HASIL UJI</u></b>					
No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm <sup>2</sup>	ASTM D 882	- 13,10 - 12,41 - 12,67 - 13,99 - 13,07 - 14,15
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 38 - 38 - 37 - 38 - 40 - 40
Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/ .....		Tanggal 25-05-2012		Paraf 	

	<b>LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)</b>	No. Format : 5.10-01-03/rev.3			
<b>NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL</b>					
Nomor Analisa : 0401/KB/2012 Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Kitosan 3%		Tanggal Terima : 07-05-2012 Tanggal Selesai : 25-05-2012			
<b><u>KONSEP LAPORAN HASIL UJI</u></b>					
No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm <sup>2</sup>	ASTM D 882	- 20,91 - 17,36 - 18,99 - 19,11 - 18,29 - 19,34
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 34 - 35 - 37 - 35 - 37 - 35
Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/ .....		Tanggal 25-05-2012		Paraf 	

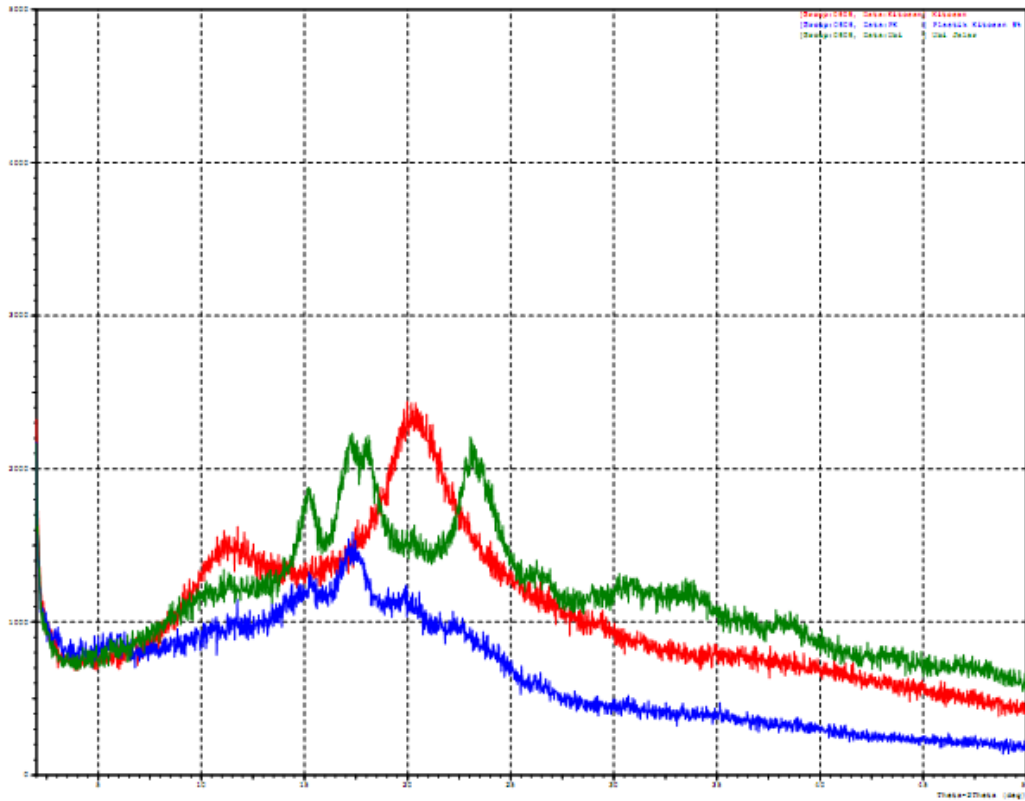
	<b>LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)</b>	No. Format : 5.10-01-03/rev.3			
<b>NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL</b>					
Nomor Analisa : 0401/KB/2012 Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Kitosan 3%		Tanggal Terima : 07-05-2012 Tanggal Selesai : 25-05-2012			
<b><u>KONSEP LAPORAN HASIL UJI</u></b>					
No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D 882	- 20,91 - 17,36 - 18,99 - 19,11 - 18,29 - 19,34
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 34 - 35 - 37 - 35 - 37 - 35
Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/ .....		Tanggal : 25-05-2012 Paraf : 			

## 4. Uji laju transmisi uap air

	<b>LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)</b>	No. Format : 5.10-01-03/rev.3			
<b>NAMA LABORATORIUM / KEMASAN BAHAN DAN RITEL</b>					
Nomor Analisa : 0467/KB/2012 Nama Contoh : Plastik Kitosan 9 %		Tanggal Terima : 01-06-2012 Tanggal Selesai : 07-06-2012			
<b>KONSEP LAPORAN HASIL UJI</b>					
No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	WVTR (Laju Transmisi Uap Air)	Baik	$g/(m^2 \cdot jam)$	ASTM E 96/96 M	12,6990 10,5892 12,9179 8,5390
Dibuat oleh : Ka. Lab. Kemasan Bahan & Ritel Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/ .....			Tanggal : 07-06-2012		Pas 



## 5. Uji XRD



```

*** Basic Data Process ***

Group      : 0606
Data       : PK

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1    FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (A)          (deg)    (Counts)  (Counts)
  1   13   17.3522   5.10645  100   1.62440    190    20103
  2   12   15.3400   5.77145   55   0.00000    105     0
  3   15   19.8400   4.47139   53   0.00000    101     0

# Peak Data List
peak      2Theta      d      I/I1    FWHM      Intensity  Integrated Int
no.      (deg)      (A)          (deg)    (Counts)  (Counts)
  1     3.0266  29.16809   10   0.22670    19     238
  2     4.1550  21.24891   6    0.17000    11     106
  3     5.6016  15.76425  19    0.31670    37    1715
  4     7.5908  11.63704   5    0.07170    9      80
  5     8.5821  10.29497   6    0.17570    11    186
  6     9.6000  9.20554    3    0.00000    6       0
  7    10.5340  8.39133   15    0.33200    28    866
  8    11.6355  7.59931   16    0.39110    31    993
  9    12.8600  6.87834    4    0.00000    8       0
 10    14.4000  6.14602   33    1.01340    62   3032
 11    14.6400  6.04580   39    0.00000    75     0
 12    15.3400  5.77145   55    0.00000   105     0
 13    17.3522  5.10645  100    1.62440   190   20103
 14    19.1400  4.63331   34    0.00000    64     0
 15    19.8400  4.47139   53    0.00000   101     0
 16    20.5400  4.32056   40    1.04000    76   5074
 17    21.5600  4.11841   30    0.00000    57     0
 18    22.6750  3.91835   35    1.65000    67   5373
 19    23.7000  3.75115   25    0.00000    47     0
 20    24.1600  3.68076   22    0.83200    41  1359
 21    24.7000  3.60150   13    0.80000    24    775
 22    26.2420  3.39327    8    0.31600    15    400
 23    28.3605  3.14443    7    0.09240    14    154
 24    29.3500  3.04063    6    0.10000    11    121
 25    30.0375  2.97258    6    0.09500    11    119
 26    30.5870  2.92042   10    0.12600    19    298
 27    32.4800  2.75440    4    0.04000    7     52
 28    33.2940  2.68890    7    0.13200    14    110
 29    34.1550  2.62306    5    0.09000    9    125
 30    35.0833  2.55575    7    0.24670    14    362
 31    36.4233  2.46474    5    0.08670    9     52
 32    37.2075  2.41457    4    0.06500    8     44
 33    38.1875  2.35483    5    0.08500   10     49
 34    38.8000  2.31906    6    0.12000   11    159
 35    39.8100  2.26252    4    0.18000    8    157
 36    40.4150  2.23003    3    0.13000    6     87
 37    41.1850  2.19010    7    0.21000   13    168
 38    42.0783  2.14565    4    0.29670    8    220
 39    43.7300  2.06836    3    0.06000    6     58
 40    45.5175  1.99120    3    0.27500    6    178
 41    46.1500  1.96537    4    0.14000    8     91
 42    48.0633  1.89151    4    0.10000    7    119

```

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

```

# Data Information
  Group           : 0606
  Data            : PK
  Sample Name     : Plastik Kitosan 9%
  Comment         :
  Date & Time     : 06-11-12 11:47:43

# Measurement Condition
  X-ray tube
    target        : Cu
    voltage       : 40.0 (kV)
    current       : 30.0 (mA)

  Slits
    Auto Slit     : not Used
    divergence slit : 1.00000 (deg)
    scatter slit  : 1.00000 (deg)
    receiving slit : 0.30000 (mm)

  Scanning
    drive axis    : Theta-2Theta
    scan range    : 2.0000 - 50.0000 (deg)
    scan mode     : Continuous Scan
    scan speed    : 2.0000 (deg/min)
    sampling pitch : 0.0200 (deg)
    preset time   : 0.60 (sec)

# Data Process Condition
  Smoothing      [ AUTO ]
    smoothing points : 21
  B.G.Subtraction [ AUTO ]
    sampling points  : 35
    repeat times     : 30
  Kal-a2 Separate [ MANUAL ]
    Kal a2 ratio     : 50 (%)
  Peak Search    [ AUTO ]
    differential points : 51
    FWHM threshold    : 0.050 (deg)
    intensity threshold : 30 (par mil)
    FWHM ratio (n-1)/n : 2
  System error Correction [ NO ]
  Precise peak Correction [ NO ]

```

## 6.. Frekuensi Gugus Inframerah

**Tabel 19.1 Pita Absorpsi Infra Merah**

Gugus	Senyawa	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Lingkungan spektral cm <sup>-1</sup> (μ)	Nama lingkungan		
OH	Alkohol	3580-3650	3333-3704 (2,7-3,0 μ)	Lingkungan vibrasi ulur hidrogen		
	Asam	2500-2700				
NH	Amina primer dan sekunder	~ 3500 3310-3500	2857-3333 (3,0-3,5 μ)			
	Amida	3140-3320				
	Alkana	3300				
CH	Alkena	3010-3095	2500-2857 (4,0-4,5 μ)			
	Aromatik	~ 3030				
	Alkana	2853-2962				
	Aldehida	2700-2900				
	Alkana	2190-2260				
SH	Sulfur	2500-2700	2222-2500 (4,5-5,0 μ)	Lingkungan ikatan ganda tiga		
C = C	Alkana	2190-2260				
C = N	Alkilnitril	2240-2260				
-N=C=N	Iosianat	2240-2275				
	Arilnitril	2220-2240				
	Diimida	2130-2155				
-N <sub>3</sub>	Azida	2120-2160			2000-2222 (5,0-5,5 μ)	
	> CO	Aldehid				1720-1740
Keton	Keton	1675-1725			1667-1818 (6,0-6,5 μ)	Lingkungan ikatan ganda dua
	Asam karboksilat	1700-1725				
	Ester	2000-2300				
	Asilhalida	1755-1850				
CN	Amida	1670-1700	1538-1667 (6,5-7,5 μ)	Daerah sidik jari		
	Oksim	1640-1690				
CO	β-diketon	1540-1640				
C=O	Ester	1650				
C=C	Alkena	1620-1680				
N-H(b)	Amina	1575-1650				
-N=N-	Azo	1575-1630				
-C-NO <sub>2</sub>	Nitro	1550-1570				
-C-NO <sub>2</sub>	Nitro aromatik	1300-1570				
C-O-C	Eter	1230-1270			1053-1333 (7,5-9,5 μ)	
-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	Senyawaan lain	~ 722	666-900 (11-15,0 μ)			