

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTISIZER* GLISEROL  
PADA KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* DARI PATI  
KULIT PISANG RAJA, TONGKOL JAGUNG  
DAN BONGGOL ENCENG GONDOK**

**SKRIPSI**

Oleh:

**NAUFAL FADLI NAHWI**

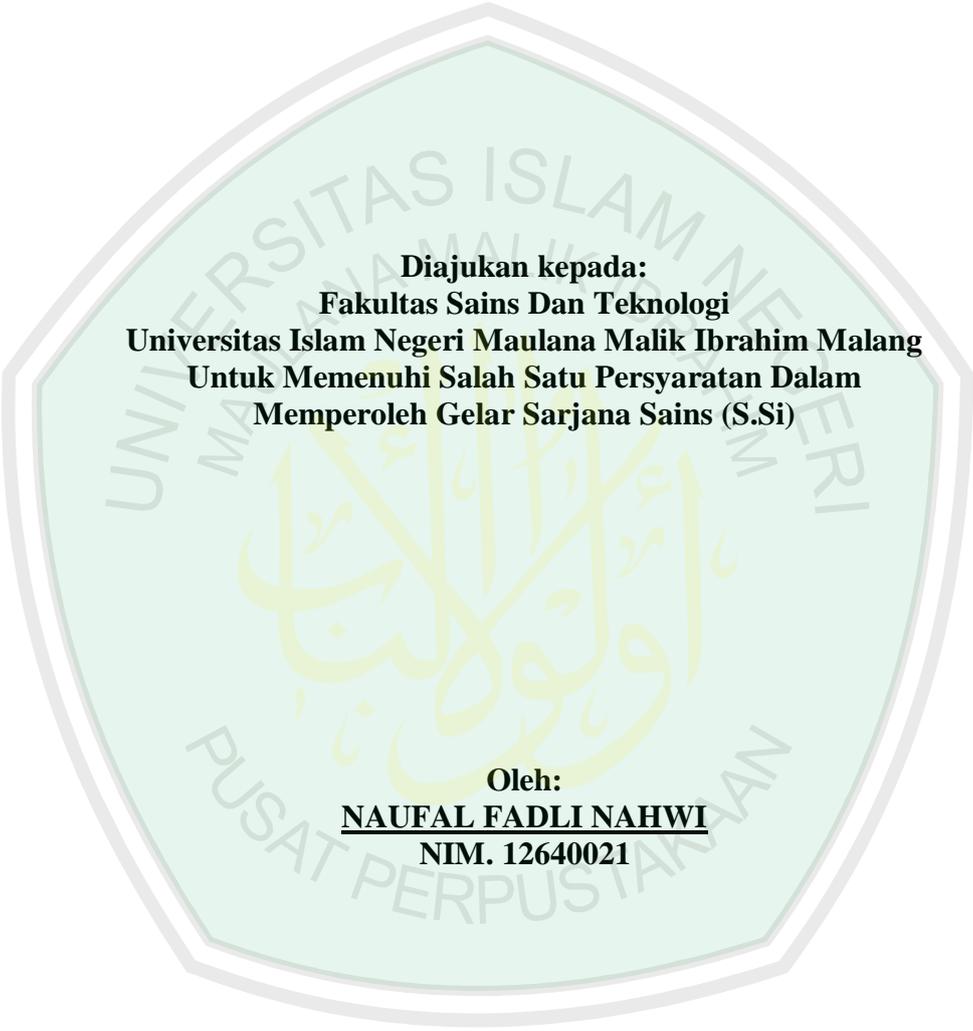
**NIM. 12640021**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTISIZER* GLISEROL  
PADA KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* DARI PATI KULIT  
PISANG RAJA, TONGKOL JAGUNG DAN BONGGOL  
ENCENG GONDOK**

**SKRIPSI**



**Diajukan kepada:  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:  
NAUFAL FADLI NAHWI  
NIM. 12640021**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTISIZER* GLISEROL PADA  
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* DARI PATI KULIT PISANG RAJA,  
TONGKOL JAGUNG DAN BONGGOL ENCENG GONDOK

SKRIPSI

Oleh:  
NAUFAL FADLI NAHWI  
NIM. 12640021

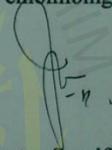
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Tanggal: 24 Juni 2016

Pembimbing I



Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II



Umaiatus Syarifah, M.A  
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

...

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTISIZER* GLISEROL PADA  
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* DARI PATI KULIT PISANG RAJA,  
TONGKOL JAGUNG DAN BONGGOL ENCENG GONDOK

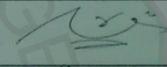
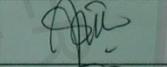
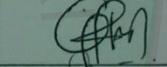
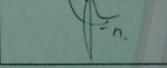
SKRIPSI

Oleh:

NAUFAL FADLI NAHWI

NIM. 12640021

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 24 Juni 2016

Penguji Utama:	<u>Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Ketua Penguji:	<u>dr. Avin Ainur F</u> NIP. 19800203 200912 2 002	
Sekretaris Penguji:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji:	<u>Umaiyatus Syarifah M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Naufal Fadli Nahwi  
NIM : 12640021  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Analisis Penambahan *Plastisizer* Gliserol Pada Karakteristik *Edible Film* Dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung dan Bonggol Enceng Gondok

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang diakui sebagai hasil tulisan atau pemikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti karya ini adalah hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Juni 2016  
Yang membuat pernyataan,



Naufal Fadli Nahwi  
NIM. 12640021

## MOTTO

*Waktu itu bagaikan sebilah pedang, kalau engkau tidak memanfaatkannya maka ia akan memotong mu  
(Ali Bin Abi Thalib)*

*“Always be your self and never be anyone else even if they look better then you”*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### *Alhamdulillahillobbil'alamin*

*Skripsi ini saya persembahkan,,,,,*

*Ke dua orang tua ku,*

*Untuk Bapak Moch. Najich dan Ibu Dwi Pramudyati, saya haturkan terimakasih atas semua pengorbanan, do'a, kerja keras, dan kasing sayang yang telah kalian beri tiada henti.*

*Kakak dan Adik-adik ku,*

*Untuk Nadya Nurishofy, Nafish Al-Kamal, dan Nuria Safitri, terimakasih atas semua dukungan dan kasih sayang yang kalian beri.*

*Dosen Fisika UIN Malang,*

*Untuk Ibu Erna Hastuti, M.SI, Ibu Umayatus Syarifah, M.A, segenap dosen dan karyawan jurusan Fisika, saya haturkan terimakasih atas semua bimbingan, kerja keras, dan pengajaran yang telah kalian amalkan.*

*Sahabat-sahabat ku,*

*Untuk Ali Zaenudin, Vera Firmanila, Mukarromah, Wiji Wulansari, Abdul Baqi, Makbul, terimakasih atas semua kerinduan tawa dan bahagia, cinta dan kasih selama delapan semester ini.*

*Sahabat-Sahabat Material,*

*Untuk Ali, Mufidun, Silfi, Zizah, Vera, Mukarromah, Zila, Lilis, Lila, Wulan, terimakasih atas dorongan semangat, dukungan, motivasi yang diberikan.*

*Kawan-Kawan Fisika,*

*Untuk semua teman-teman fisika angkatan 2012, saya ucapkan terima kasih atas keindahan pertemanan yang terjalin selama ini, semoga silaturahmi tetap terjaga sampai nanti.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya. Atas Ridho Dan Kehendak Allah SWT Penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi Yang Berjudul **Analisis Pengaruh Penambahan Plastisizer Gliserol Pada Karakteristik Edible Film Dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung Dan Bonggol Enceng Gondok** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan dan Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Umaiatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran.
5. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

6. Kedua orang tua dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
7. Teman-temandanparasahabatterima kasih atas kebersamaanserta pengalaman selama ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadi inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 24 Juni 2016

Penulis



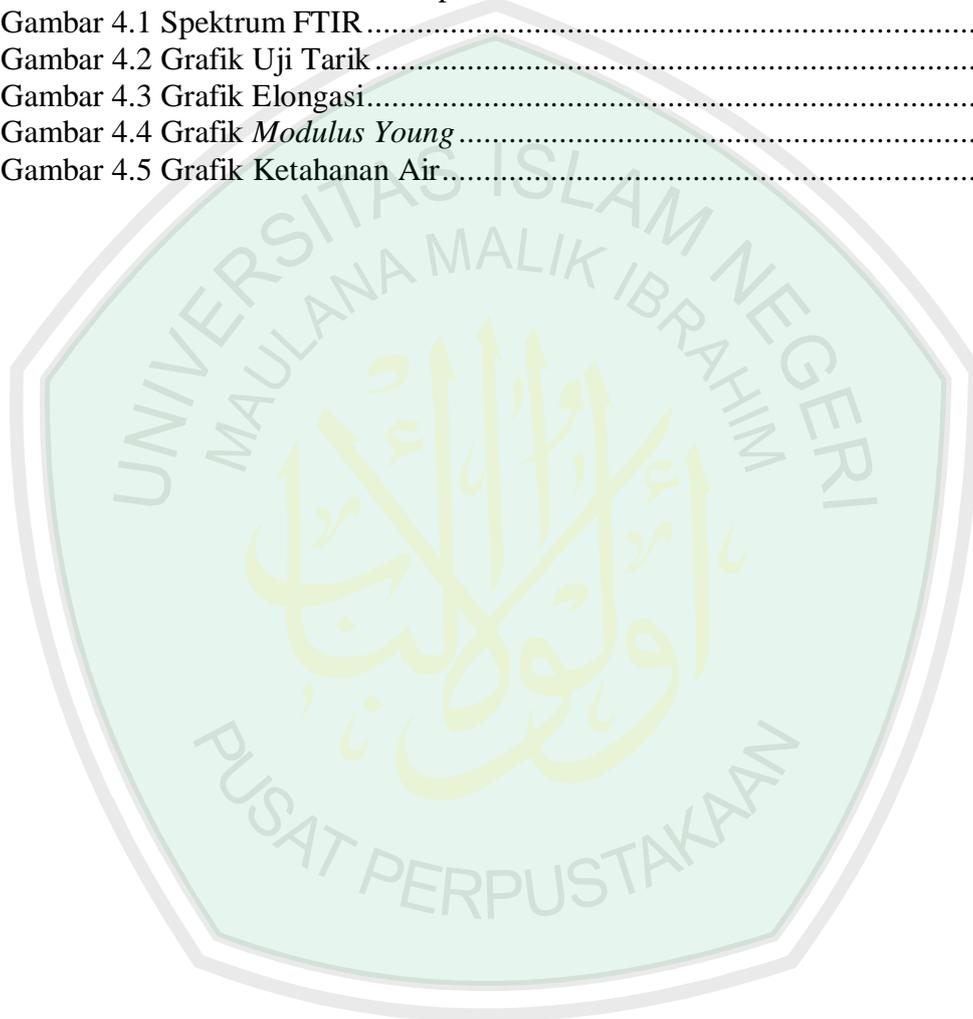
## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>مستخلص البحث</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan .....	7
1.4 Manfaat .....	7
1.5 Batasan Masalah .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1 Ruang Lingkup Pengemasan.....	9
2.2 <i>Edible Film</i> .....	12
2.3 Pisang Raja.....	19
2.4 Jagung .....	23
2.5 Enceng Gondok .....	25
2.6 Pati .....	26
2.7 Gliserol.....	28
2.8 Sifat Mekanis.....	29
2.9 Uji Tarik .....	31
2.10 Uji Ketahanan Air .....	32
2.11 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>36</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	36
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.3 Alat dan Bahan .....	36
3.3.1 Alat .....	36
3.3.2 Bahan.....	37
3.4 Prosedur Penelitian .....	38
3.4.1 Pembuatan Pati Dari Kulit Pisang Raja.....	38
3.4.2 Pembuatan Pati Dari Tongkol Jagung .....	38
3.4.3 Pembuatan Pati Dari Enceng Gondok .....	39
3.4.4 Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	39
3.4.5 Uji Ketebalan dan Kuat Tarik <i>Edible Film</i> .....	40

3.4.6	Uji Ketahanan Air .....	42
3.4.7	Pengujian FTIR.....	42
3.4.8	Pengujian Umur Simpan Bahan.....	43
3.5	Analisis dan Teknik Pengumpulan Data.....	43
3.5.1	Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Uji Kuat Tarik.....	43
3.5.2	Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Uji Ketahanan Air .....	45
3.5.3	Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Pengujian FTIR.....	46
3.5.4	Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Umur Simpan Bahan .....	46
3.6	Rancangan Penelitian.....	47
3.6.1	Diagram Alir Pembuatan Pati Kulit Pisang .....	47
3.6.2	Diagram Alir Pembuatan Pati Tongkol Jagung .....	48
3.6.3	Diagram Alir Pembuatan Pati Enceng Gondok .....	49
3.6.4	Diagram Alir Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	50
3.6.5	Diagram Alir Pengujian Sample <i>Edible Film</i> .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>52</b>
4.1	Data Hasil Penelitian .....	52
4.1.1	Pembuatan Pati.....	52
4.1.2	Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	53
4.1.3	Pengujian FTIR.....	54
4.1.4	Uji Kuat Tarik .....	58
4.1.5	Uji Ketahanan Air .....	63
4.1.6	Uji Umur Simpan .....	65
4.2	Pembahasan .....	71
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>84</b>
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Pisang Raja.....	21
Gambar 2.2 Tongkol Jagung .....	23
Gambar 2.3 Enceng Gondok .....	25
Gambar 2.4 Struktur Amilosa .....	28
Gambar 2.5 Kurva Tegangan-Regangan.....	30
Gambar 3.1 Ukuran Dimensi Sample <i>Edible Film</i> .....	40
Gambar 4.1 Spektrum FTIR.....	54
Gambar 4.2 Grafik Uji Tarik.....	60
Gambar 4.3 Grafik Elongasi.....	61
Gambar 4.4 Grafik <i>Modulus Young</i> .....	63
Gambar 4.5 Grafik Ketahanan Air.....	65



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Buah Pisang .....	20
Tabel 2.2 Kandungan Kulit Pisang Raja .....	22
Tabel 2.3 Komposisi Tongkol Jagung .....	24
Tabel 2.4 Kandungan Kimia Enceng Gondok.....	26
Tabel 3.1 Data Pengujian Mekanik <i>Edible Film</i> .....	44
Tabel 3.2 Data Pengujian Ketahanan Air.....	45
Tabel 3.3 Data Pengujian Umur Simpan Bahan.....	46
Tabel 4.1 Gugus Fungsi .....	56
Tabel 4.2 Ketebalan <i>Edible Film</i> .....	58
Tabel 4.3 Data Hasil Uji Kuat Tarik.....	59
Tabel 4.4 Data Hasil Elongasi .....	61
Tabel 4.5 Nilai <i>Modulus Young</i> .....	62
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Ketahanan Air .....	64
Tabel 4.7 Data Pengamatan Pengujian Umur Simpan.....	66
Tabel 4.8 Standart JIS <i>Edible Film</i> .....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Dokumentasi Foto
- Lampiran 2. Data FTIR
- Lampiran 3. Data Uji Tarik
- Lampiran 4. Data Uji Ketahanan Air
- Lampiran 5. Data Anova Uji Kuat Tarik
- Lampiran 6. Data Anova Elongasi
- Lampiran 7. Data Anova *Modulus Young*
- Lampiran 8. Data Anova Uji Ketahanan Air



## ABSTRAK

Nahwi, Naufal Fadli. 2016. **Analisis Pengaruh Penambahan *Plastisizer* Gliserol Pada Karakteristik *Edible Film* Dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung, Dan Bonggol Enceng Gondok**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.  
Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

---

**Kata kunci:** *Edible Film*, Pati, Gliserol, Sifat Mekanik

Pengembangan biopolimer sebagai plastik ramah lingkungan seperti *edible film* merupakan solusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan. Pada penelitian ini digunakan pati sebagai komponen utama penyusun *edible film* yang berasal dari kulit pisang raja, tongkol jagung, dan enceng gondok. Penambahan *plastisizer* berupa gliserol juga digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik *film*. Variasi komposisi antara pati dan gliserol yang digunakan yaitu: 100:0; 90:10; 80:20 (%b/v). Karakterisasi *edible film* yang diuji meliputi pengujian FTIR, ketebalan, uji kekuatan tarik, uji ketahanan air, dan uji umur simpan *edible film*. Hasil FTIR menunjukkan terbentuknya gugus O-H pada pati dan gliserol. Gugus C-H, N-H dan C=O pada *edible film*. Hasil karakterisasi *edible film* menunjukkan penambahan gliserol dari setiap perlakuan meningkatkan nilai pemanjangan saat pemutusan (elongasi), nilai ketahanan air, dan menurunkan nilai kekuatan tarik. Pati enceng gondok tanpa penambahan gliserol memiliki nilai kuat tarik dan modulus elastisitas terbaik sebesar 5,85 MPa dan 1,05 MPa. Nilai elongasi terbaik terdapat pada pati kulit pisang raja dengan komposisi pati-gliserol 80:20 sebesar 20,21%. dan nilai ketahanan air tertinggi sebesar 78,89% pada pati tongkol jagung tanpa penambahan gliserol. Pada lapisan *film* dengan komposisi 100:0 terlihat adanya pertumbuhan jamur pada hari ke-13 dan hari ke-14. Penggunaan asam sitrat efektif digunakan sebagai antimikroba

## ABSTRACT

Nahwi, Naufal Fadli. 2016. **The Analysis of Addition Effect of the Plastisizer Glycerol On Characteristics Edible Film from *Musa textillia*, *Zea mays*, and *Eichornia crossipes***. Skripsi. Physics Department. Science and Technology Faculty. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University  
Advisors: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

---

**Keywords:** Edible Film, Starch, Glycerol, Mechanical Properties.

The development of biopolymers as environmentally friendly plastics such as edible film is a solution which deals with environmental problems. Edible film is a thin layer made of edible ingredients. This study used starch as the main component that constituent the edible film derived from the *musa textillia*, *zea mays*, and *eichornia crossipes*. The addition of plastisizer to improve the mechanical properties of the film. the variations if composition between starch and glycerol which is used are: 100:0, 90:10, 80:20 (%w/v). the character of edible film tested includes FTIR testing, thickness, tensile strength test, water resistance test, and the shelf life test of edible film. The FTIR analysis showed a formed of O-H groups on starch and glycerol. C-H, N-H and C=O groups in edible film. The characterization results of edible film indicate that the addition of glycerol edible film of each treatment increases the value of the elongation time of termination (elongation), the value of water resistance, and lower tensile strength values. *Eichornia crossipes* starch without the addition of glycerol has a best value of tensile strength and modulus of elasticity of 5,85 MPa and 1,05 MPa. The best elongation value contained in *musa textillia* starch with starch-glycerol 80:20 composition of 20,21%. And the highest water resistance values is 78,89% it is on the *zea mays* starch without the addition of glycerol. In the film is with a composition 100:0, visible presence of fungal growth on day 13 and day 14. The use of citric acid is effective as an antimicrobial.

## الملخص

نهوي، نوفل الفضلي. 2016. تحليل تأثير إضافة الملدنات *Plastisizer* الجلسرين على خصائص قابلة للأكل نشاء فيلم *Edible Film* من جلد الموز الجنة ، الكيزان الذرة ، والمياه صفير. بحث جامعي قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة: (1) إرنا هستوتي الماجستير (2) امية الشريفة الماجستير

كلمات البحث: *edible film* ، النشا، الجلسرين، الخواص الميكانيكية

تطوير البوليمرات الحيوية كمثل البلاستيك صديقة للبيئة *edible film* كحل في التعامل مع المشاكل البيئية. *edible film* هو عبارة عن طبقة رقيقة مصنوعة من المكونات الصالحة للأكل. في هذه الدراسة استخدام النشا باعتبارها العنصر المكونة *edible film* الرئيسي المستمدة من الجلد من موز الجنة، الكيزان الذرة، والمياه صفير. يتم استخدام إضافة المواد البلاستيكية *plastisizer* مثل الجلسرين أيضا الملدنات لتحسين الخواص الميكانيكية للفيلم. *film* الاختلافات في التركيب بين النشا والجلسرين المستخدمة هي: 80:20; 90:10; 100:0 (%b/v). ويشمل توصيف *edible film* اختبار FTIR الاختبار، سمك، اختبار قوة الشد، اختبار مقاومة للماء، واختبار العمر الافتراضي *edible film*. تحليل FTIR أظهرت تشكيل جماعات O-H مما يدل على حدوث روابط هيدروجينية بين النشا والجلسرين. مجمع الكربونيل ومجموعة الهيدروكسيل في C-H علي النشا. وتشير النتائج إلى توصيف إضافة الجلسرين فيلم الصالحة للأكل من كل معاملة يزيد من قيمة الوقت استتالة إنهاء (استتالة)، وقيمة مقاومة للماء، وانخفاض قيم الشد. صفير الماء النشا بدون إضافة الجلسرين يحتوي على قيمة قوة الشد ومعامل المرونة من 5,48 Mpa و 98 Mpa , أفضل قيمة استتالة الواردة في النشا المياه صفير مع النشا الجلسرين 80:20 تكوين 16,73%. وأعلى القيم مقاومة للماء من 78,89% من النشا كوز الذرة بدون إضافة الجلسرين. في طلاء *film* مع تكوين 100:0 حضور واضح من نمو الفطريات في يوم 13 ويوم 14. استخدام حمض الستريك كتستخدم مثبط للميكروبات.

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Bahan pangan pada umumnya sangat sensitif terhadap penurunan kualitas makanan. Hal ini disebabkan berbagai macam faktor lingkungan, kimia (oksidasi) dan mikrobiologi. Menurunnya kualitas pada makanan dapat menurunkan kadar nilai nutrisi serta mengakibatkan rusaknya bahan pangan yang disebabkan karena adanya oksigen, kandungan air dalam bahan pangan, cahaya, dan waktu penyimpanan. Pengemasan yang tepat terhadap bahan pangan diperlukan untuk menghambat terjadinya kerusakan dan penurunan kualitas makanan.

Pengemasan merupakan salah satu cara pengawetan yang digunakan untuk memperpanjang umur penyimpanan bahan pangan olahan (Julianti & Mimi, 2006). Pengemasan dapat dibuat dari satu atau lebih bahan yang memiliki kegunaan dan karakteristik yang sesuai untuk mempertahankan dan melindungi makanan hingga ke tangan konsumen, sehingga kualitas dan keamanannya dapat dipertahankan (Hui, 2006). Bentuk kemasan yang digunakan berupa kertas, logam (kaleng), gelas, dan plastik.

Bentuk kemasan plastik merupakan kemasan yang paling sering digunakan sebagai wadah pembungkus (pelapis) pada bahan pangan dalam kehidupan kita sehari-hari. Kemasan berbahan plastik banyak memiliki keunggulan dibandingkan jenis lainnya, diantaranya harganya yang relatif murah, bentuk fleksibel dan transparan, umur simpan yang lama, ringan serta elastis. Hal

ini menjadi penyebab tingginya angka penggunaan plastik sebagai bahan pengemas makanan. Akan tetapi, penggunaan material sintetis pada bahan pembentuk plastik dapat mengkontaminasi bahan pangan karena sifat bahan kimiawinya yang mudah bercampur terhadap produk yang dikemasnya.

Penggunaan plastik berbahan sintesis juga dapat mempengaruhi ekosistem, dimana keberadaanya yang menumpuk di alam dapat menyebabkan terjadinya pencemaran serta kerusakan lingkungan. Hal ini di karenakan sifat plastik yang tidak ramah lingkungan (*non-biodegradable*) dan tidak dapat terurai oleh alam. Sehingga dibutuhkan penelitian untuk mengembangkan pembuatan plastik yang ramah lingkungan (*biodegradable*). Salah satu jenis kemasan *biodegradable* yang saat ini mulai dikembangkan ialah penggunaan kemasan *edible*. *Edible film* dari polimer alam merupakan salah satu solusi alternatif kemasan makanan yang bersifat ramah lingkungan dan dapat mempertahankan kualitas makanan.

Pengembangan *edible film* sebagai bahan pengemas pada makanan selain dapat memperpanjang masa simpan serta mempertahankan kualitas dari berbagai produk pangan, juga merupakan pengemas yang ramah lingkungan. *Edible film* memberikan alternatif bahan pengemas yang tidak berdampak pada pencemaran lingkungan karena menggunakan bahan yang dapat diperbaharui dan harganya relatif murah.

Bahan dasar pembentuk *edible film* terdiri dari 3 macam yaitu, hidrokoloid (polisakarida, protein), lipida, dan campuran keduanya (komposit). Polisakarida merupakan salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam

pembuatan *edible film*. Polisakarida seperti pati dapat digunakan sebagai komponen utama penyusun *edible film*. Amilum atau pati merupakan jenis polisakarida karbohidrat (karbohidrat kompleks), tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa dalam jangka waktu panjang (Poedjiadi, 1994). Pati dapat diproses dari bahan-bahan alam seperti pada tanaman umbi-umbian (singkong, ubi jalar, kentang), jagung, biji gandum, beras, serta buah-buahan (pisang). Dalam al-Quran surat an-Nahl (14): 11, Allah SWT berfirman:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَبَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ  
لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (QS. an-Nahl (14): 11).

Ayat tersebut menjelaskan, bahwasannya Allah SWT menciptakan segala apa yang ada di bumi seperti tanam-tanaman (الزَّرْعَ) maupun buah-buahan

(الثَّمَرَاتِ) untuk dapat dimanfaatkan. Dalam lafadz لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ فِي ذَلِكَ

dapat menjadi motivasi bagi para peneliti atau akademisi untuk memikirkan bagaimana mengatasi problematika permasalahan lingkungan dengan mengembangkan konsep kemasan ramah lingkungan yang bersumber dari bahan-bahan alam. Banyak tanaman dan buah-buahan yang memberikan manfaat yang besar bagi manusia untuk kelangsungan hidup.

Tanaman seperti umbi-umbian merupakan salah satu bahan alam yang paling sering digunakan oleh para peneliti dalam pembuatan *edible film*. Hal ini dikarenakan kandungan pati yang terdapat dalam umbi-umbian memiliki persentase kadar pati dalam jumlah banyak dibandingkan tanaman lainnya. Namun, penggunaan pati pada umbi-umbian seperti singkong dan ubi jalar dapat menghambat nilai ekonomis dari barang tersebut sebagai bahan pangan olahan yang lebih memiliki nilai jual tinggi dibandingkan sebagai bahan pembuat plastik *edible film* pada pembungkus makanan. Sehingga diperlukan bahan alternatif lain yang lebih ekonomis serta tidak mempengaruhi nilai kegunaannya sebagai bahan pangan manusia.

Kulit pisang, tongkol jagung, dan enceng gondok merupakan beberapa bahan alternatif yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film*. Kulit pisang dan tongkol jagung selama ini masih jarang dimanfaatkan penggunaannya, melainkan hanya dibuang sebagai limbah organik maupun sebagai pakan ternak. Sedangkan enceng gondok merupakan jenis tanaman air yang pertumbuhannya sangat cepat sehingga sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan *edible film*. Kulit dari buah pisang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembentuk *edible film* karena terdapat kandungan pati di dalamnya. Sedangkan tongkol jagung dan enceng gondok memiliki kandungan selulosa dalam jumlah yang sangat banyak. Kandungan pati kulit pisang tergantung dari varietas buah pisang. Kandungan pati dari pisang raja sebesar 30,66%; pisang tanduk 29,60%; pisang ambon 29,37%; pisang kepok kuning 27,70%; pisang kepok manado 27,21% (Musita, 2009). Sedangkan limbah pertanian (seperti tongkol jagung),

mengandung selulosa (40-60%), hemiselulosa (20-30%) dan lignin (15-30%) (Shofianto, 2008). Dan dalam keadaan kering enceng gondok mengandung 64,51% selulosa (Farida, 2012).

*Film* yang terbuat dari pati pada umumnya bersifat rapuh dan mudah rusak/sobek karena sifatnya sebagai penghalang uap air yang rendah karena bersifat hidrofilik. Sifat mekanik *edible film* dari pati juga kurang baik karena memiliki nilai elastisitas yang rendah. Sehingga diperlukan bahan-bahan tambahan guna memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanis dari karakteristik *edible film* tersebut. Pemberian bahan tambahan berupa *plastisizer* dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik. Dalam penelitian Sinaga (2013), menunjukkan penambahan gliserol berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*, kekuatan tarik dan pemanjangan saat pemutusan. Adapun ketebalan yang diperoleh meningkat seiring penambahan gliserol, sedangkan kekuatan tarik yang diperoleh menurun dengan peningkatan ketebalan *edible film*.

Gliserol merupakan salah satu jenis *plastisizer* yang paling umum digunakan dalam pembuatan *edible film*. Gliserol dapat digunakan sebagai pelarut, pemanis, pengawet dalam makanan. Gliserol merupakan senyawa kimia yang tidak berwarna, tidak berbau, dan merupakan cairan kental (Maneely, 2006). Gliserol efektif digunakan sebagai *plastisizer* karena dapat meningkatkan stabilitas rantai biopolimer dan memperbaiki sifat mekanik *film*. Penambahan gliserol dapat meningkatkan elastisitas *film* dan menghambat proses pertukaran gas serta penyerapan air.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan peningkatan sifat *barrier* atau menurunkan nilai laju transmisi uap air *edible film*. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dody (2011), menunjukkan semakin tinggi konsentrasi karagenan, maka laju transmisi uap air semakin meningkat dengan nilai terbaik yang dihasilkan 24,788 g/jam m<sup>2</sup>. Sedangkan dalam penelitian Fajariyah (2014), penambahan montmorilonit pada karagenan dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik serta menurunkan nilai laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan, yaitu dengan nilai kuat tarik 4,139MPa, persen pemanjangan 48,178%, modulus elastisitas 8,587 MPa, dan nilai laju transmisi uap air 11,980 g/jam m<sup>2</sup>. Sehingga pada penelitian ini digunakan beberapa variasi jenis pati kulit pisang raja, tongkol jagung dan enceng gondok serta penambahan konsentrasi gliserol yang diharapkan mampu menghasilkan *edible film* dengan karakteristik fisik dan mekanis *film* yang baik dan layak digunakan sebagai bahan pengemas makanan.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana gugus fungsi *edible film* dari pati kulit pisang raja, tongkol jagung dan enceng gondok?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi *plastisizer* gliserol terhadap sifat mekanik *edible film*?
3. Bagaimana ketahanan umur simpan *edible film* sebagai pengemas makanan?

### 1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui bagaimana gugus fungsi *edible film* dari pati kulit pisang raja, tongkol jagung dan enceng gondok.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi *plastisizer* gliserol terhadap sifat mekanik *edible film*.
3. Untuk mengetahui bagaimana ketahanan umur simpan *edible film* sebagai pengemas makanan.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini ialah:

1. Untuk mendapatkan komposisi pembentuk *edible film* terbaik serta kemasan/pelapis yang bersifat ramah lingkungan (*biodegradable*) dan aman untuk dikonsumsi langsung sebagai bahan pelapis siap makan.
2. Untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah kulit pisang, tongkol jagung dan enceng gondok sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* sehingga dapat mengurangi penggunaan plastik sintesis yang bersifat *non-biodegradable*.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini ialah:

1. Pati yang digunakan berasal dari kulit pisang raja, tongkol jagung, dan enceng gondok.
2. Variasi pati yang digunakan antara lain 100%, 90% dan 80%.

3. Jenis *plastisizer* yang digunakan yaitu gliserol.
4. Variasi gliserol yang digunakan antara lain 0%, 10% dan 20%.
5. Sifat mekanik dari *edible film* yaitu kuat tarik, perenggangan (*elongation*), dan ketahanan air.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ruang Lingkup Pengemasan**

Pengemasan merupakan wadah atau pembungkus yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pada bahan pangan. Dalam dunia modern sekarang ini, masalah kemasan menjadi bagian terpenting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari, terutama kegunaannya sebagai produk pangan (Julianti & Mimi, 2006). Produk olahan pangan sangat rentan terhadap terjadinya penurunan kualitas makanan yang disebabkan oleh berbagai macam faktor. Sehingga jenis pengemasan yang tepat dan sesuai sangat diperlukan untuk menjaga serta mempertahankan kualitas makanan sampai ke tangan konsumen.

Berdasarkan bahan dasar pembuatannya, jenis kemasan olahan pangan yang tersedia saat ini adalah kemasan kertas, gelas, kaleng/logam, plastik dan kemasan komposit atau kemasan yang merupakan gabungan dari beberapa jenis bahan kemasan, misalnya gabungan antara kertas dan plastik. Masing-masing jenis bahan kemasan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaannya sebagai pengemas produk pangan. Hal ini menjadi suatu dasar dalam pemilihan jenis kemasan yang sesuai untuk produk pangan. Karakteristik dari berbagai jenis bahan kemasan adalah sebagai berikut (Julianti & Mimi, 2006):

- 1) Kemasan Kertas; tidak mudah robek, tidak dapat digunakan untuk produk cair, bentuknya fleksibel.

- 2) Kemasan gelas; mudah pecah, berat, harganya relatif mahal, transparan, bentuknya tetap (rigid), dapat didaur ulang, dan sifatnya *non biodegradable*.
- 3) Kemasan logam (kaleng); bentuknya tetap, ringan, tidak transparan, tidak dapat didaur ulang, dan sifatnya *non biodegradable*.
- 4) Kemasan plastik; bentuk fleksibel, transparan, ringan, elastis, ada yang bersifat termoplas dan termoset, monomer pembentuknya dapat mengkontaminasi produk, dan sifatnya *non biodegradable*.

Jenis kemasan plastik merupakan pengemas yang paling dibutuhkan dan diminati banyak orang. Kebutuhan plastik semakin meningkat dari waktu ke waktu. Tahun 2002 kebutuhan plastik masyarakat Indonesia sekitar 1,9 juta ton kemudian meningkat menjadi 2,1 juta ton ditahun 2003 dan ditahun 2004 meningkat menjadi 2,3 juta ton (Darni, 2008). Meningkatnya jumlah penggunaan plastik akan menambah resiko rusaknya alam akibat bertambahnya limbah sampah plastik yang dibuang. Allah berfirman dalam QS.ash-Shu'ara (26): 152:

الَّذِينَ يُفْسِدُونَ فِي الْأَرْضِ وَلَا يُصْلِحُونَ

“Yang membuat kerusakan di muka bumi dan tidak mengadakan perbaikan”.

Kerusakan lingkungan hidup terjadi akibat ulah perbuatan tangan manusia. Manusia yang menciptakan kerusakan dengan membuang sampah plastik menjadi permasalahan utama rusaknya ekosistem lingkungan. Sampah plastik yang menumpuk menjadi beban bagi lingkungan. Plastik merupakan polimer sintetis yang paling umum penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan

plastik dalam berbagai bidang kehidupan dapat menimbulkan permasalahan baru bagi alam. Rangkaian ikatan kimia pada bahan baku pembuatan plastik sulit sekali terurai oleh tanah, bahkan membutuhkan waktu puluhan tahun hingga proses penguraiannya terjadi. Dalam lafadz **الَّذِينَ يُفْسِدُونَ فِي الْأَرْضِ** menyebutkan bahwa manusia itulah yang membuat dan menciptakan kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah SWT tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan. Kerusakan di bumi yang saat ini terjadi seharusnya menjadi pelajaran bagi umat manusia untuk selalu menjaga, memelihara dan melestarikan lingkungan tempat mereka tinggal.

Sifat plastik yang *non biodegradable* dapat mengganggu keseimbangan alam di bumi karena pengaruhnya yang dapat merusak ekosistem lingkungan. Dalam lafadz **وَلَا يُصْلِحُونَ** menunjukkan bahwa apa yang manusia ciptakan itu tidak dapat memberikan manfaat apapun bagi alam. Sampah plastik yang dibiarkan secara terus menerus hanya akan menjadi limbah yang dapat merusak lingkungan. Pengurangan dalam penggunaan plastik akan sulit dimungkinkan karena kegunaannya yang sangat penting dalam berbagai macam bidang kehidupan. Sehingga diperlukan solusi yang konkrit dalam mengatasi perubahan lingkungan. Bentuk perbaikan yang sangat dimungkinkan yaitu penggunaan bahan-bahan pembentuk plastik dari senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam tumbuh-tumbuhan. Krochta (1994), Pati merupakan karbohidrat yang dapat digunakan sebagai komponen pembentuk plastik ramah lingkungan (biopolimer). Pati dapat diekstrak dari berbagai macam tanaman seperti pada singkong, ubi, kentang, gandum, jagung, dan sebagainya.

Plastik yang ramah lingkungan diyakini mampu mengatasi permasalahan terhadap kerusakan alam yang telah berdampak serius akibat penggunaan plastik sintetik. Plastik *biodegradable* merupakan biopolimer ramah lingkungan yang mudah terdegradasi dalam jangka waktu pendek baik itu karena alam (tanah) maupun dengan bantuan mikroba. Sehingga dapat memberikan dampak yang positif bagi lingkungan demi tercapainya kelestarian alam.

Selain jenis-jenis kemasan seperti kertas, kaleng, plastik, dan gelas, saat ini juga telah dikembangkan bentuk kemasan yang sifatnya ramah lingkungan yaitu kemasan *biodegradable* dan *edible*. Jenis kemasan tersebut pada umumnya lebih sering dijumpai dalam bentuk kemasan plastik (bioplastik). Kemasan *edible* merupakan kemasan yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat dimakan seperti karbohidrat (pati), protein ataupun lemak. Sedangkan kemasan *biodegradable* merupakan kemasan yang jika dibuang dapat didegradasi melalui proses fotokimia atau dengan menggunakan mikroba penghancur dalam jangka waktu pendek (Julianti & Mimi, 2006).

## **2.2 Edible Film**

Bahan kemasan yang berasal dari polimer petrokimia atau yang lebih dikenal dengan plastik (sintetis) merupakan bahan kemasan yang paling banyak digunakan. Hal tersebut disebabkan karena berbagai keunggulan plastik seperti sifatnya yang fleksibel, mudah dibentuk, transparan, umur simpan yang lama, tidak mudah pecah dan harganya yang relatif murah. Namun ternyata, polimer plastik juga memiliki berbagai kelemahan, yaitu sifatnya yang tidak tahan panas, mudah robek dan dapat menyebabkan kontaminasi melalui transmisi monomernya

pada bahan yang dikemas. Kelemahan lain dari plastik sintetis adalah sifatnya yang tidak dapat dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*), sehingga menyebabkan beban bagi lingkungan. Sampah plastik bekas pakai tidak akan hancur meskipun telah ditimbun selama berpuluh-puluh tahun, akibatnya penumpukan sampah plastik dapat menyebabkan pencemaran dan kerusakan bagi lingkungan hidup (Sari, 2014).

Kemasan *edible* (*edible packaging*) merupakan jenis kemasan yang bersifat ramah lingkungan. Keuntungan dari *edible packaging* adalah dapat melindungi produk pangan, penampakan asli produk dapat dipertahankan dan dapat langsung dimakan serta mudah teruraikan oleh alam sehingga aman bagi lingkungan (Sari, 2014). *Edible packaging* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu yang berfungsi sebagai pelapis (*edible coating*) dan berupa lembaran (*edible film*) (Krochta, *et al.*, 1994).

*Edible film* adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk di atas komponen makanan yang berfungsi sebagai penghambat transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, lemak dan zat terlarut) dan atau sebagai *carrier* bahan makanan dan untuk meningkatkan penanganan makanan (Krochta, 1992). Penggunaan *edible film* untuk pengemasan produk-produk pangan seperti sosis, buah-buahan dan sayuran segar dapat memperlambat penurunan mutu, karena *edible film* dapat berfungsi sebagai penahan difusi gas oksigen, karbon dioksida, dan uap air serta komponen flavor, sehingga mampu menciptakan kondisi atmosfer internal yang sesuai dengan kebutuhan produk yang dikemas (Krochta & Johnston, 1997).

*Edible film* harus mempunyai sifat-sifat yang sama dengan *film* kemasan seperti plastik, yaitu harus memiliki sifat menahan air sehingga dapat mencegah kehilangan kelembaban produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna, pigmen alami dan gizi, serta menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet dan penambah aroma yang dapat memperbaiki mutu bahan pangan (Julianti & Mimi, 2006).

Kemasan *Edible film* berfungsi sebagai penghambat perpindahan uap air, menghambat pertukaran gas, mencegah perpindahan lemak, mencegah kehilangan aroma, meningkatkan karakteristik fisik, dan sebagai pembawa zat aditif. *Edible film* yang terbuat dari lipida dan juga *film* dua lapis (*bilayer*) ataupun campuran yang terbuat dari lipida dan protein atau polisakarida pada umumnya baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air dibandingkan dengan *edible film* yang terbuat dari protein dan polisakarida dikarenakan lebih bersifat hidrofobik (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

Jumlah karbondioksida dan oksigen yang kontak dengan produk merupakan salah satu yang harus diperhatikan untuk mempertahankan kualitas produk dan akan berakibat pula terhadap umur simpan produk. *Film* yang terbuat dari protein dan polisakarida pada umumnya sangat baik sebagai penghambat perpindahan gas, sehingga efektif untuk mencegah oksidasi lemak. Komponen volatil yang hilang atau yang diserap oleh produk dapat diatur dengan melakukan pelapisan *edible coating* atau *film* (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

*Edible film* dapat bergabung dengan bahan tambahan makanan dan substansi lain untuk mempertinggi kualitas warna, aroma, dan tekstur produk, serta untuk mengontrol pertumbuhan mikroba. Keuntungan penggunaan *edible film* sebagai pengemas bahan olahan pangan adalah untuk memperpanjang umur simpan produk serta tidak mencemari lingkungan karena *edible film* ini bersifat *biodegradable* sehingga aman bagi lingkungan dan dapat dimakan bersama produk yang dikemasnya (Julianti & Mimi, 2006).

Komponen penyusun *edible film* akan mempengaruhi secara langsung bentuk penampakan (morfologi) maupun karakteristik fisik dan mekanis pengemas yang dihasilkan. Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga, yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit (Julianti & Mimi, 2006).

#### 1) Hidrokoloid

Hidrokoloid yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah protein dan karbohidrat. *Film* yang dibentuk dari karbohidrat dapat berupa pati, gum (alginat, pektin, dan gum arab), dan pati yang dimodifikasi secara kimia. Pembentukan *film* berbahan dasar protein antara lain dapat menggunakan gelatin, kasein, protein kedelai, protein *whey*, gluten gandum, dan protein jagung. *Film* yang terbuat dari hidrokoloid sangat baik sebagai penghambat perpindahan oksigen, karbondioksida, dan lemak, serta memiliki karakteristik mekanik yang sangat baik, sehingga sangat baik digunakan untuk memperbaiki struktur *film* agar tidak mudah hancur (Krochta, *et al.*, 1994).

Polisakarida sebagai bahan dasar *edible film* dapat dimanfaatkan untuk mengatur udara sekitarnya dan memberikan ketebalan atau kekentalan pada larutan *edible film*. Pemanfaatan dari senyawa berantai panjang ini sangat penting karena tersedia dalam jumlah yang banyak di alam, harganya relatif murah, dan sifatnya yang nontoksik. Beberapa jenis protein yang berasal dari protein tanaman dan hewan dapat membentuk *film* seperti zein jagung, gluten gandum, protein kedelai, protein kacang, keratin, kolagen, gelatin, kasein, dan protein dari *whey* susu, karena sifat dari protein tersebut yang mudah membentuk *film*. Albumin telur dapat digunakan sebagai bahan pembentuk *film* yang baik yang dikombinasikan dengan gluten gandum, dan protein kedelai (Krochta, *et al.*, 1994).

## 2) Lipida

*Film* yang berasal dari lipida sering digunakan sebagai penghambat uap air, atau bahan pelapis untuk meningkatkan kilap pada produk-produk kembang gula. *Film* yang terbuat dari lemak murni sangat terbatas dikarenakan menghasilkan kekuatan struktur *film* yang kurang baik (Krochta *et. al.*, 1994). Karakteristik *film* yang terbentuk pada penggunaan lemak tergantung pada berat molekul dari fase hidrofilik dan fase hidrofobik, rantai cabang, dan polaritas. Lipida yang sering digunakan sebagai *edible film* antara lain lilin (*wax*) seperti parafin dan carnauba, kemudian asam lemak, monogliserida, dan resin (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

## 3) Komposit

Komposit *film* terdiri dari gabungan komponen lipida dan hidrokoloid. Aplikasi dari komposit *film* dapat dalam lapisan satu-satu (*bilayer*), dimana satu

lapisan merupakan hidrokoloid dan satu lapisan lain merupakan lipida, atau dapat berupa gabungan lipida dan hidrokoloid dalam satu kesatuan *film*. Gabungan dari hidrokoloid dan lemak digunakan dengan mengambil keuntungan dari komponen lipida dan hidrokoloid. Lipida dapat meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air dan hidrokoloid dapat memberikan daya tahan. *Film* gabungan antara lipida dan hidrokoloid ini dapat digunakan untuk melapisi buah-buahan dan sayuran yang telah diolah sehingga mampu meningkatkan karakteristik produk untuk mencegah terjadinya proses pembusukan (Krochta *et. al.*, 1994).

Kelebihan dari *edible coating/film* adalah dapat menggunakan bahan tambahan fungsional untuk meningkatkan efektivitasnya. Secara umum, bahan tambahan terdiri atas dua golongan, yaitu bahan untuk meningkatkan fungsi *coating* seperti *plasticizer* dan *emulsifier*, dan bahan untuk meningkatkan kualitas, stabilitas, dan keamanan seperti bahan antimikroba, antioksidan, nutrasetikal, flavor, dan pewarna (Lin dan Zhao, 2007).

Bahan-bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah antimikroba, antioksidan, flavor dan pewarna. Asam benzoat, natrium benzoat, asam sorbat, potasium sorbat, dan asam propionate merupakan beberapa antimikroba yang dapat ditambahkan pada *edible film* untuk menghambat pertumbuhan mikroba. Kemudian untuk dapat meningkatkan kestabilan dan mempertahankan komposisi gizi dan warna makanan dengan mencegah oksidasi ketengikan, degradasi, dan pemudaran warna (*discoloration*) dapat menggunakan beberapa bahan antioksidan seperti asam sitrat, asam askorbat, dan ester lainnya, *Butylated Hydroxyanisole* (BHA), *Buthylated Hydroxytoluen* (BHT),

*TertiaryButylated Hydroxyquinone* (TBHQ) (Krochta, *et al.*1994). Sedangkan Komponen yang cukup besar dalam pembuatan *edible film* adalah *plastisizer* yang berfungsi untuk (Julianti & Mimi, 2006):

- Meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas *film*
- Menghindari *film* dari keretakan
- Meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air dan zat terlarut
- Meningkatkan elastisitas *film*

*Plastisizer* merupakan komponen yang cukup besar perannya dalam *edible film* untuk mengatasi sifat rapuh *film* yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler ekstensif. Penggunaan *Plastisizer* dapat mengurangi gaya inter molekuler sepanjang rantai polimer, sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas *film*, serta menurunkan kemampuan menahan permeabilitas (Mc Hught & Krochta, 1994). Beberapa jenis *plastisizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti & Mimi, 2006). Gliserol merupakan *plastisizer* yang paling umum digunakan dalam pembuatan *edible film* karena sifatnya yang tidak beracun.

Penambahan gliserol dalam pembuatan *edible film* akan meningkatkan sifat mekanik *film* seperti fleksibilitas (elastisitas) dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut. Penambahan *plasticizer* gliserol juga berpengaruh terhadap kehalusan permukaan *film* yang dihasilkan (Yusmarlela, 2009).

### **2.3 Pisang Raja (*Musa textillia*)**

Pisang merupakan tanaman asli Asia Tenggara termasuk Indonesia. Di Indonesia sendiri tanaman buah pisang tersebar merata hingga ke pelosok Negeri,

karena buah ini merupakan tanaman hortikultura yang pertumbuhannya tidak bergantung pada musim. Semua bagian tanaman pisang sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan sandang pangan, mulai dari bagian bunga, buah, daun, batang, maupun bonggol pisang sekalipun. Selama ini bagian dari tanaman pisang yang masih jarang dimanfaatkan penggunaannya adalah kulit pisang. Selain digunakan sebagai bahan baku pakan ternak, kulit pisang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan minuman anggur, tepung, nata, cuka, dan sebagainya. Dalam QS. al-Waqi'ah (56): 29 Allah SWT berfirman:

وَطَلِحَ مَنضُودٌ

*“Dan pohon pisang yang bersusun-susun (buahnya)”*.

Tanaman pisang yang disebutkan dalam ayat al-Quran memiliki banyak manfaat yang dapat digunakan bagi kehidupan manusia. Daun pisang dapat dimanfaatkan sebagai wadah pembungkus makanan tradisional. Serat dari batang pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kertas dan kain. Buah pisang yang dapat dikonsumsi dalam bentuk buah segar maupun olahan pangan lain seperti keripik maupun sale pisang. Bahkan kandungan nutrisi yang terdapat pada kulit pisang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan cuka, tepung, hingga bioplastik. Tidak mungkin Allah SWT mencantumkan pohon pisang dalam firman-Nya bukan karena tidak ada maksud di dalamnya, melainkan pasti ada segudang manfaat yang dapat diambil dari pohon pisang tersebut sebagai kebutuhan manusia.

Berdasarkan cara mengkonsumsinya pisang dikelompokkan dalam dua golongan yaitu *banana* dan *plantain*. *Banana* adalah pisang yang lebih sering dikonsumsi dalam bentuk segar setelah buah matang. Sedangkan *plantain* adalah pisang yang dikonsumsi setelah diolah menjadi produk makanan lain seperti keripik pisang, sale pisang, selai pisang, pisang goreng dan lain sebagainya. Pisang memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa buah-buahan lain. Berikut adalah kandungan nutrisi yang terdapat dalam buah pisang (Hikmah, 2012).

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Yang Terdapat Dalam Buah Pisang (Dewati, 2008).

No	Hasil Test Kimiawi Laboratorium	Kadar
1	Air	73,60 %
2	Protein	2,15 %
3	Lemak	1,34 %
4	Gula Pereduksi	7,62 %
5	Karbohidrat	11,48 %
6	Zat Besi (mg/100g)	0,26 mg
7	Kalsium (mg/100g)	31,00 mg
8	Vitamin C (mg/100g)	36,00 mg

Buah pisang banyak mengandung karbohidrat baik isinya maupun kulitnya. Pisang mempunyai kandungan khrom yang berfungsi dalam metabolisme karbohidrat dan lipid. Khrom bersama dengan insulin memudahkan masuknya glukosa ke dalam sel-sel. Pada umumnya kebanyakan masyarakat hanya mengonsumsi buahnya dan membuang kulitnya. Di dalam kulit pisang terdapat kandungan vitamin B, C, kalsium, protein, dan juga lemak yang cukup. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa komposisi kulit pisang banyak mengandung air yaitu 68,90 % dan karbohidrat sebesar 18,50 % (Lubis, 2012).

Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya. Pada umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila bisa dimanfaatkan secara optimal (Susanti, 2006).



Gambar 2.1 Buah Pisang Raja (Ningrum, 2013)

Pisang raja (*Musa textillia*) merupakan pisang berbentuk agak gepeng dan bersegi. Ukuran buahnya kecil, panjangnya 10-12 cm dan beratnya 80-120 g, kulit buahnya sangat tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang bernoda coklat. Komposisi senyawa kimia dalam kulit pisang raja sebagai berikut (Febriyantoro, 2015).

Tabel 2.2 Komposisi dalam 100 g kulit pisang raja kering (Febriyantoro, 2015)

No	Kandungan Kimia	Kadar (%)
1	Air	68,8
2	Protein	1,2
3	Pati	27,4
4	Serat kasar	1,5
5	Abu	1,1

Di dalam kandungan kulit pisang raja terdapat senyawa penyusun bioplastik seperti pati. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya, serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Febriyantoro, 2015).

Reaksi pencoklatan pada kulit pisang akan terjadi selama proses pengolahan. Reaksi pencoklatan enzimatis adalah proses kimia yang terjadi pada sayuran dan buah-buahan oleh enzim polifenol oksidase yang menghasilkan pigmen warna coklat (melanin). Proses pencoklatan enzimatis memerlukan enzim polifenol oksidase dan oksigen untuk berhubungan dengan substrat tersebut. Enzim-enzim yang dikenal yaitu fenol oksidase, polifenol oksidase, fenolase atau polifenolase (Winarno, 1992).

Kecepatan perubahan pencoklatan enzimatis dapat dihambat oleh beberapa inhibitor. Cara yang dilakukan untuk menghambat terjadinya proses pencoklatan yaitu dengan perlakuan perendaman, diantaranya dengan cara perendaman pada air, perendaman asam sitrat dan perendaman sulfit. Perlakuan-perlakuan tersebut memiliki perbedaan kekuatan penghambatan reaksi pencoklatan (Winarno, 1992).

## 2.4 Jagung (*Zea mays*)

Jagung (*Zea mays*) merupakan tanaman pangan yang penting di Indonesia. Hal ini dikarenakan jagung merupakan makanan pokok kedua setelah karbohidrat (pati). Beberapa daerah di Indonesia yang mengkonsumsi jagung antara lain Madura, Yogyakarta, Sulawesi Selatan, dan Maluku Utara. Tanaman jagung termasuk jenis tanaman pangan yang diketahui banyak mengandung serat kasar. Serat kasar tersebut terdiri atas lignin, hemiselulosa, selulosa dan lignoselulosa. Masing-masing senyawa tersebut merupakan senyawa potensial yang dapat dikonversikan untuk menjadi senyawa lain secara biologik (Soeprijanto, 2008).

Tongkol jagung merupakan bagian terbesar dari limbah jagung. Dari berat jagung bertongkol, diperkirakan 40-50% adalah tongkol jagung, yang besarnya dipengaruhi oleh varietas jagungnya (Richana, 2007).



Gambar 2.2 Tongkol Jagung (Litbang, 2014)

Menurut Richana (2007), kadar lignoselulosa (kadar serat 38,99%) pada tongkol jagung mengandung xilan tertinggi (12,4%) dibanding limbah pertanian lain. Xilan adalah hemiselulosa yang merupakan polimer dari pentosa atau xilosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 yang jumlah monomernya berkisar 150-200 unit. Hemiselulosa sendiri merupakan polimer dari monomer gula (gula-gula anhidro) yang dapat dikelompokkan menurut penyusunnya yaitu heksosa (glukosa, manosa dan galaktosa), pentosa (xilosa, arabinopiranos, arabinofuranosa), asam heksuronat (glukoronat, metilglukoronat dan galakturonat) dan deoksi heksosa (rhamnosa dan fruktosa). Rantai utama hemiselulosa hanya terdiri atas satu macam monomer saja (homopolimer), misalnya xilan, atau terdiri dua atau lebih monomer (heteropolimer), misalnya glukomanan.

Limbah pertanian (seperti tongkol jagung), mengandung selulosa (40-60%), hemiselulosa (20-30%) dan lignin (15-30%). Komposisi kimia yang terdapat pada tongkol jagung dapat digunakan sebagai tambahan sumber energi, bahan pakan ternak dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganismenya. Tongkol jagung juga dapat dipakai sebagai bahan dasar pembuatan xylitol (Shofianto, 2008).

Tabel 2.2 Komposisi Tongkol Jagung (Shofianto, 2008).

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

Selulosa adalah polisakarida yang terbentuk dari sisa  $\beta$ -D(+)-glukosa yang bergabung dalam rantai linear dengan ikatan  $\beta$ -1-4 diantara satuan glukosanya. Selulosa merupakan senyawa polimer yang berlimpah di alam dan merupakan senyawa organik yang paling umum (Demand, 1997). Melihat komposisi selulosa dan hemiselulosa yang cukup besar seperti yang terdapat pada tabel 2.2, maka tongkol jagung sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biopolimer.

## **2.5 Enceng Gondok**

Enceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan jenis tanaman gulma air yang pertumbuhannya sangat cepat. Pertumbuhan enceng gondok dapat mencapai 1,9% perhari dengan tinggi antara 0,3-0,5 m. Pertumbuhannya yang begitu cepat, akan sangat merugikan karena enceng gondok yang menutupi permukaan air akan menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di bawah air. Enceng gondok dapat hidup di perairan dalam dengan tumbuh mengapung. Selain itu, tumbuhan ini dapat pula tumbuh di perairan dangkal dengan akar yang tumbuh pada permukaan tanah (Farida, 2012).



Gambar 2.3 Enceng Gondok (Wikipedia, 2015)

Komposisi kimia enceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Enceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5 %, dan mengandung selulosa yang lebih tinggi dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Berikut ini adalah persentase kandungan kimia enceng gondok kering (Farida, 2012).

Tabel 2.3 Kandungan Kimia Enceng Gondok Kering (Farida, 2012).

No	Senyawa Kimia	Persentase (%)
1	Selulosa	64,51
2	Pentosa	15,61
3	Lignin	7,69
4	Silika	5,56
5	Abu	12

## 2.6 Pati

Pati merupakan simpanan karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan dan merupakan karbohidrat utama yang dimakan manusia sebagai sumber energi utama. Komposisi amilopektin dan amilosa berbeda dalam pati berbagai bahan makanan. Amilopektin pada umumnya terdapat dalam jumlah lebih besar. Sebagian besar pati mengandung antara 15% dan 35% amilosa (Chandra, 2011).

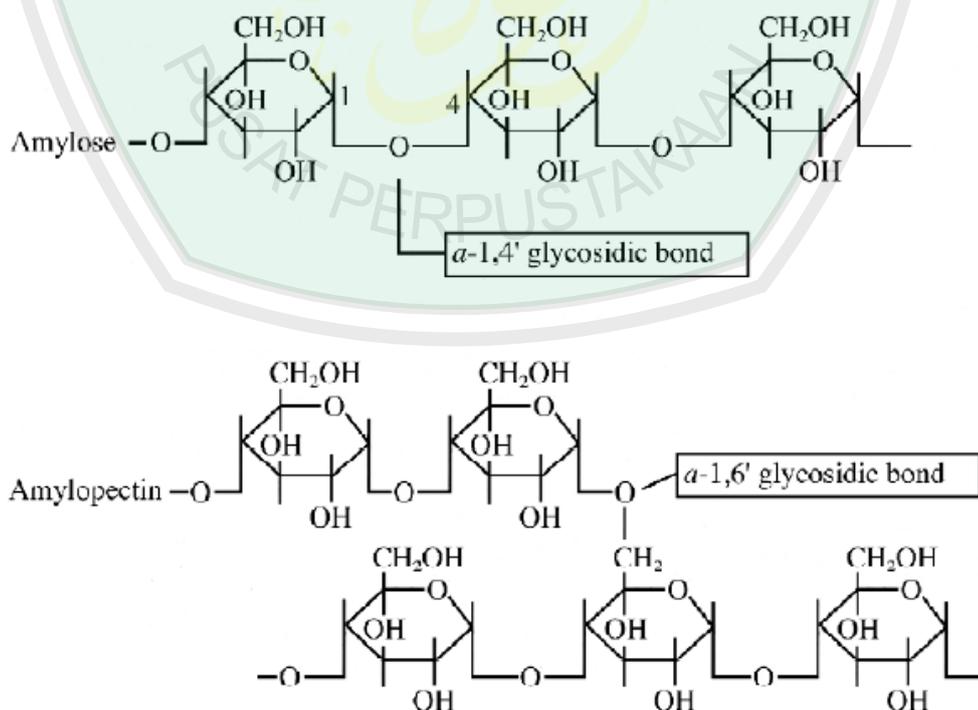
Amilum atau pati ialah jenis polisakarida karbohidrat (karbohidrat kompleks). Amilum (pati) tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Hewan dan manusia juga menjadikan pati sebagai sumber energi yang penting. Amilum merupakan sumber energi utama bagi orang dewasa di seluruh penduduk dunia, terutama di negara berkembang oleh karena dikonsumsi sebagai bahan makanan pokok (Lubis, 2015)

Amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksi molekular yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa. Pembentukan ikatan hidrogen ini lebih mudah terjadi pada amilosa daripada amilopektin. Pada dasarnya, struktur amilopektin sama seperti amilosa, yaitu terdiri dari rantai pendek  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa dalam jumlah yang besar (Taggart, 2004).

Senyawa pada pati merupakan campuran dua polisakarida, yaitu amilosa yang terdiri dari 70 hingga 350 unit glukosa yang berikatan membentuk garis

lurus dan amilopektin yang terdiri hingga 100.000 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur rantai bercabang. Pati berwarna putih, berbentuk serbuk bukan kristal yang tidak larut dalam air dingin. Tidak seperti monosakarida dan disakarida, pati dan polisakarida lain tidak mempunyai rasa manis (Chandra, 2011).

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C, serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut dinamakan amilopektin. Amilosa memiliki struktur lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-D-glukosa sebanyak 4-5 dari berat total (Winarno, 1997).



Gambar 2.4 Struktur Molekul Amilosa dan Amilopektin (Eliasson, 2004)

## 2.7 Gliserol

Senyawa yang penting dari alkil trihidrat adalah gliserol (propan-1,2,3-triol) dengan rumus  $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ . Senyawa ini kebanyakan ditemui hampir disemua lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliseril dari asam palmitat, stearat dan oleat. Senyawa ini bermanfaat sebagai anti beku (anti *freeze*) dan juga merupakan senyawa yang higroskopis sehingga banyak digunakan untuk mencegah kekeringan pada tembakau, pembuatan tinta dan parfum, obat-obatan, kosmetik, pada bahan makanan dan minuman serta penggunaan lainnya (Austin, 1985 dalam Ginting, 2012).

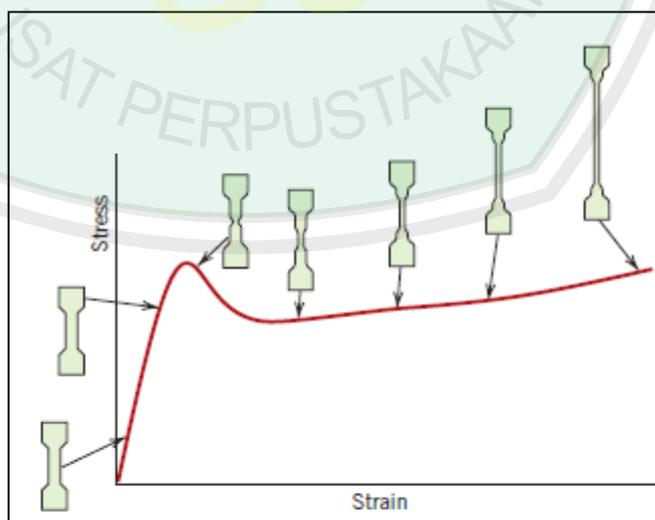
Gliserin, atau juga sering dikenal sebagai gliserol, merupakan unsur kimiawi yang bersifat organik. Gliserin dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya, banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol. Oleh karena itu gliserin merupakan jenis pelarut yang baik (Yusmarlela, 2009).

Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* pada *film* hidrofilik, seperti *film* berbahan dasar pati, gelatin, pektin, dan karbohidrat lainnya termasuk kitosan. Penambahan gliserol akan menghasilkan *film* yang lebih fleksibel dan halus. Gliserol adalah molekul hidrofilik yang relatif kecil dan dapat dengan mudah disisipkan di antara rantai protein dan membentuk ikatan hidrogen dengan amida. Gliserol dapat meningkatkan pengikatan air pada *edible film*. Gliserol merupakan cairan yang memiliki kelarutan tinggi, yaitu 71 g/100 g air pada suhu 25°C. Biasanya digunakan untuk mengatur kandungan air dalam makanan dan mencegah kekeringan pada makanan (Ginting, 2012).

Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, dan dapat meningkatkan penyerapan molekul polar seperti air. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya dapat meningkatkan fleksibilitas *film* (Austin, 1985 dalam Ginting, 2012). Bertambahnya jumlah gliserol dalam campuran pati-air mengurangi nilai tegangan dan perpanjangan (*elongation*). Kandungan gliserol yang rendah juga mengurangi kuat tarik *edible film* (Larotonda, *et al.*, 2004).

## 2.8 Sifat Mekanis

Karakteristik mekanis suatu bahan umumnya mengikuti grafik *strain-stress*. Hukum Hooke tentang modulus elastisitas diterapkan pada daerah linier elastis. Ketika muatan tekanan berlebihan, benda akan kembali ke keadaan aslinya, bila benda diregangkan hingga mendekati batas elastis, hanya sebagian yang akan kembali ke keadaan aslinya dan menjadi bentuk permanen (Julianti & Mimi, 2006).



Gambar 2.5 Kurva Tegangan-Regangan Untuk Polymer (Calliester, 1940).

Karakteristik mekanik yang diukur dan diamati dari sebuah *film* kemasan termasuk *edible film* adalah kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*) dan elastisitas (*elastic modulus/young modulus*). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanik dari bahan *film* yang berkaitan dengan struktur kimianya. Karakteristik mekanik menunjukkan indikasi integrasi *film* pada kondisi tekanan (*stress*) yang terjadi selama proses pembentukan *film* tersebut (Hikmah, 2015).

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film*. Parameter ini menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plastisizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan *film*. Penambahan *plastisizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan *film* dengan kuat tarik yang lebih rendah (Hikmah, 2015).

*Elongation* merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel *film* terputus. Pada umumnya keberadaan *plastisizer* dalam jumlah besar akan membuat nilai persen pemanjangan suatu *film* meningkat lebih besar. Modulus elastisitas merupakan kebalikan dari persen pemanjangan, karena akan semakin menurun seiring meningkatnya jumlah *plastisizer* dalam *film*. Modulus elastisitas menurun berarti fleksibilitas *film* meningkat. Modulus elastisitas merupakan ukuran dasar dari kekakuan (*stiffness*) sebuah film (Hikmah, 2015).

Nilai permeabilitas suatu jenis *film* perlu diketahui, karena dapat digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas di dalamnya.

Nilai permeabilitas juga dapat digunakan untuk menentukan produk atau bahan pangan apa yang sesuai untuk kemasan tersebut. Nilai permeabilitas mencakup: permeabilitas terhadap uap air dan permeabilitas terhadap gas (Hikmah, 2015).

## 2.9 Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik dan kemuluran merupakan sifat mekanis yang sangat penting dari logam terutama untuk perhitungan-perhitungan konstruksi. Untuk memperoleh informasi tentang kekuatan tarik dilakukan pengujian tarik. Di dalam pengujian tarik, batang percobaan atau batang uji dikenai beban aksial yang ditambah secara berangsur-angsur dan kontinu. Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang banyak ditonjolkan dan dapat dianggap sebagai kekuatan bahan (Ginting, 2012).

Kuat tarik atau kuat renggang putus (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dicapai sampai *film* dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran *tensile strength* untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang (Krochta, 1997).

Pada uji tarik kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan ke perangkat peregang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan elongasi benda uji ditunjukkan dengan pergerakan relatif benda uji. Beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut ditentukan dari defleksi elastis suatu balok atau *proving rid*, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolis, optik atau elektromagnetik (Smallman, 2000).

## 2.10 Uji Ketahanan Air (*Swelling*)

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas mempunyai keunggulan dibanding bahan kemasan lain karena sifatnya yang ringan, transparan, kuat, termoplastik dan selektif dalam permeabilitasnya terhadap uap air, O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Sifat permeabilitas plastik terhadap uap air dan udara menyebabkan plastik mampu berperan memodifikasi ruang kemas selama penyimpanan (Winarno, 1994).

Permeabilitas suatu *film* kemasan adalah kemampuan melewatkan partikel gas dan uap air pada suatu unit luasan bahan pada kondisi tertentu. Nilai permeabilitas sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor sifat kimia polimer dan struktur dasar polimer. Umumnya nilai permeabilitas *film* kemasan berguna untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas. Komponen kimia alami berperan penting dalam permeabilitas. Polimer dengan polaritas tinggi (polisakarida dan protein) umumnya menghasilkan nilai permeabilitas uap air yang tinggi dan permeabilitas terhadap oksigen rendah. Hal ini disebabkan polimer mempunyai ikatan hidrogen yang besar. Sebaliknya, polimer kimia yang bersifat non polar (lipida) yang banyak mengandung gugus hidroksil mempunyai nilai permeabilitas uap air rendah dan permeabilitas oksigen yang tinggi, sehingga menjadi penahan air yang baik tetapi tidak efektif untuk menahan gas (Firdaus, 2008).

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

Spektroskopi Infra Merah (IR) merupakan suatu metoda yang digunakan untuk mengkarakterisasi bahan polimer seperti gelatin dan analisis gugus

fungainya, dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam daerah sinar infra merah. Panjang gelombang 1-500 nm merupakan daerah infra merah. Gugus-gugus dalam setiap molekul umumnya mempunyai karakteristik tersendiri, sehingga spektroskopi IR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada senyawa organik maupun polimer. Intensitas pita serapan merupakan ukuran konsentrasi gugus yang khas yang dimiliki oleh polimer (Creswell, 2005).

Dua jenis instrumen yang biasa digunakan untuk memperoleh spektrum inframerah yaitu instrumen disperse, yang menggunakan suatu monokromator untuk memilih masing-masing bilangan gelombang secara berurutan untuk memantau intensitasnya setelah radiasi telah melewati sampel, dan instrumen transformasi Fourier, yang menggunakan suatu interferometer. Instrumen transformasi Fourier menghasilkan sumber radiasi dengan masing-masing bilangan gelombang dapat dipantau dalam  $\pm 1$  detik pulsa radiasi tanpa memerlukan disperse. Dalam suatu instrumen inframerah transformasi Fourier (FTIR), prinsipnya adalah monokromator digantikan oleh suatu interferometer. Interferometer menggunakan cermin bergerak untuk memindahkan bagian radiasi yang dihasilkan oleh satu sumber, sehingga menghasilkan suatu interferogram yang dapat diubah dengan menggunakan suatu persamaan yang disebut "Transformasi Fourier" untuk mengekstraksi spektrum dari suatu seri frekuensi yang bertumpang tindih (Watson, 2009).

Mengidentifikasi senyawa kimia maupun polimer secara infra merah, memerlukan persyaratan yaitu zat yang diselidiki harus homogen secara kimia.

Tahap awal identifikasi bahan kimia maupun polimer harus diketahui dengan membandingkan spektrum yang telah dikenal. Pita serapan yang khas akan ditunjukkan oleh monomer penyusun material dan struktur molekulnya. Metode analisa ini didasarkan terhadap interaksi antara radiasi infra merah dengan materi interaksi atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik. Interaksi ini berupa absorpsi pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu yang berhubungan dengan energi transisi antara berbagai keadaan energi vibrasi, rotasi dan molekul (Watson, 2009).

Sinar inframerah yang dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari molekul tersebut. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perubahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi. Pada suhu kamar, molekul senyawa organik dalam keadaan diam, setiap ikatan mempunyai frekuensi yang karakteristik untuk terjadinya vibrasi ulur (*stretching vibrations*) dan vibrasi tekuk (*bending vibrations*) dimana sinar inframerah dapat diserap pada frekuensi tersebut (Suseno dan Firdausi, 2008).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental dengan variasi sampel dari beberapa jenis pati kulit pisang raja, tongkol jagung, dan enceng gondok dengan *plastisizer* berupa gliserol. Analisis hasil penelitian akan dideskripsikan dari data-data hasil pengujian berupa uji kuat tarik, uji *swelling* (ketahanan terhadap transmisi air), pengujian umur simpan bahan serta uji struktur senyawa yang terbentuk menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2016 - selesai, bertempat di Laboratorium Riset Material Fisika dan Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, dan Laboratorium Material Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.

### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat**

1. *Beaker glass*
2. Gelas ukur
3. *Magnetic Stirrer*
4. Batang Pengaduk
5. Spatula
6. Wadah

7. Cawan petri
8. Oven
9. Pengayak/*Mesh*
10. Penyaring santan
11. Pipet volume
12. Pipet tetes
13. Loyang
14. Neraca analitik digital
15. Mortar
16. Termometer
17. *Hot plate*
18. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)
19. Alat uji tarik (UTM)

### **3.3.2 Bahan**

1. Kulit pisang raja
2. Tongkol jagung
3. Enceng gondok
4. Gliserol
5. Aquades
6. Ethanol 96%
7. Asam sitrat
8. Air
9. Sodium bisulfate

## 10. Karagenan

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Pati dari Kulit Pisang Raja

1. Kulit pisang dibersihkan dengan menggunakan air sampai bersih.
2. Kulit pisang dipotong kecil-kecil dengan menggunakan pisau.
3. Potongan kulit pisang kemudian direndam pada larutan sodium bisulfat untuk menahan reaksi pencoklatan.
4. Potongan kulit pisang kemudian diblender sampai halus.
5. Bubur kulit pisang disaring, kemudian dilakukan pengendapan selama satu hari.
6. Endapan yang didapat kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari.
7. Ditumbuk sampai halus.

#### 3.4.2 Pembuatan Pati dari Tongkol Jagung (Wardah, 2014)

1. Tongkol jagung dicuci dengan air sampai bersih.
2. Tongkol jagung dipotong kecil-kecil dan diberi asam sitrat sebanyak 0,5% (w/v) selama 10 menit untuk menghilangkan kandungan lignin.
3. Tongkol jagung diblender/diparut.
4. Bubur tongkol jagung yang didapat disaring dan dibiarkan selama satu hari untuk mendapatkan endapan dari tongkol jagung.
5. Endapan yang didapat kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari.
6. Ditumbuk sampai halus.

### 3.4.3 Pembuatan Pati dari Enceng Gondok (Wardah, 2014)

1. Bonggol enceng gondok dicuci dengan air sampai bersih.
2. Bonggol enceng gondok dipotong kecil-kecil dan diberi asam sitrat sebanyak 0,5% (w/v) selama 10 menit untuk menghilangkan kandungan lignin.
3. Bonggol enceng gondok diblender/diparut.
4. Bubur enceng gondok yang didapat disaring dan dibiarkan selama satu hari untuk mendapatkan endapan dari bonggol enceng gondok.
5. Endapan yang didapat kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari.
6. Ditumbuk sampai halus.

### 3.4.4 Pembuatan *Edible Film*

1. Pati kulit pisang raja, tongkol jagung dan bonggol enceng gondok sebanyak 100%, 90%, 80% (w/w) dan 0.5 gram karagenan dimasukkan ke dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan aquades sebanyak 70 ml, serta diberi gliserol dengan variasi masing-masing 0%, 10%, 20% (v/v) sebagai *plasticizer* (Wardah, 2014).
2. Masing-masing larutan pati kemudian diberi asam sitrat dengan konsentrasi 3% (w/v) sebanyak 10 ml untuk meningkatkan kestabilan dan mempertahankan komposisi gizi dan warna makanan (Wahyu, 2009).
3. Campuran tersebut dipanaskan dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 90°C (mencapai gelatinisasi) dengan kecepatan 135 rpm untuk mendapatkan hasil yang homogen (Wardah, 2014).

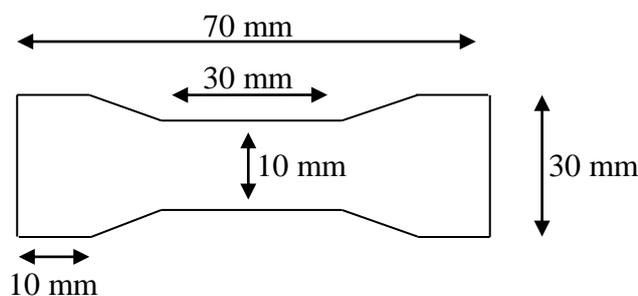
4. Kemudian larutan yang telah homogen, dituangkan pada cawan petri.
5. Selanjutnya bahan dikeringkan pada suhu 100°C selama 4 jam, hingga membentuk lapisan tipis (*edible film*) (Wahyu, 2009).
6. Kemudian hasil sampel *edible film* diuji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk melihat gugus fungsi yang terbentuk. Lalu dilakukan uji sifat mekanik seperti uji kuat tarik, uji ketahanan air, dan ketahanan umur simpan bahan.

#### 3.4.5 Uji Ketebalan dan Kuat Tarik *Edible Film*

Uji ketebalan dilakukan dengan mengukur ketebalan sampel pada tiga titik yang berbeda yang mewakili ketebalan seluruh sampel kemudian dihitung ketebalan rata-ratanya. Pengujian kekuatan tarik meliputi:

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Perpanjangan (*Elongation at break*)
3. Elastisitas (*Modulus young*)

Proses pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) merk IMADA. Sampel dibuat dengan ukuran sesuai standart ASTM.



Gambar 3.1 Ukuran Dimensi Sampel *Edible Film*

Pengujian dilakukan dengan cara ujung sampel dijepit mesin pengujian *tensile*. Selanjutnya dilakukan pencatatan panjang awal sampel. Tombol *record* pada komputer ditekan kemudian diputar kendali alat uji untuk menarik sampel ke atas sampai sampel putus. Nilai kekuatan tarik didapatkan dari hasil pembagian tegangan maksimum dengan luas penampang melintang. Luas penampang melintang didapatkan dari hasil perkalian panjang awal sampel dengan ketebalan *film*. Uji kekuatan tarik dilakukan pada tiga sampel *edible film* yang kemudian dihitung rata-ratanya. Kekuatan tarik *edible film* dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kuat tarik } (\tau) = \frac{\text{Tegangan Maksimum } (F_{\max})}{\text{Luas penampang melintang } (A)} \quad (3.1)$$

Pengukuran perpanjangan putus dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian kuat tarik. Perpanjangan dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara:

$$\text{Elongation } (\%) = \frac{\text{regangan saat putus (mm)}}{\text{Panjang awal (mm)}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Sedangkan untuk elastisitas (*modulus young*) diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan elongasi.

$$\text{Modulus Young} = \frac{\text{Kuattarik}}{\text{Elongation}} \quad (3.3)$$

### 3.4.6 Uji Ketahanan Air (*Swelling*) *Edible Film*

Pengujian dilakukan dengan caramemotong sampel dengan ukuran 1 cm x 1 cm, kemudian menimbang berat awal sampel yang akan diuji ( $W_0$ ), dan dimasukan ke dalam cawan petri yang berisi akuades 15 ml selama 10 menit. Sampel yang telah direndam kemudian diangkat dan air yang terdapat pada permukaan plastik dihilangkan dengan tisu kertas, setelah itu dilakukan penimbangan berat akhir sampel ( $W$ ). Sehingga diperoleh persentase air yang diserap dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Air yang diserap (\%)} = \frac{W - W_0}{W} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

A = Penyerapan Air (%)

$W_0$  = Berat uji mula-mula (g)

W = Berat uji setelah perendaman (g)

### 3.4.7 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa yang terkandung dalam *edible film*. Pengujian dilakukan dengan menggerus potongan kecil sample *edible film* dengan kalium bromida (KBr). Campuran kemudian dipress pada tekanan 80 Torr, sehingga membentuk pellet yang padat. Sampel (pellet) ditempatkan ke dalam *set holder*, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang. Data yang diperoleh berupagambar spektrum hubungan antara bilangan

gelombang dan transmitansi sehingga dapat diketahui gugus fungsi yang terdapat pada bahan *edible film*. Identifikasi gugus-gugus fungsional dapat dilakukan dengan menganalisa spektrum IR sesuai dengan puncak dan bilangan gelombang yang terbentuk dengan menggunakan tabel gugus fungsi.

### 3.4.8 Pengujian Umur Simpan Bahan

Pengujian umur simpan bahan (*edible film*) bertujuan untuk mengetahui tingkat keawetan *edible film* sebagai suatu pengemas makanan. Pembuatan biopolimer yang menggunakan bahan-bahan organik pada umumnya memiliki ketahanan atau umur simpan yang pendek (tidak tahan lama) dan mudah berjamur. Pengujian ini dilakukan melalui pengamatan dengan menggunakan mikroskop digital secara berkala pada sampel yang dibiarkan/diletakkan pada suhu ruang untuk mengetahui tingkat keawetan (pertumbuhan jamur) atau umur simpan produk terhadap lingkungan.

## 3.5 Analisis dan Teknik Pengumpulan Data

### 3.5.1 Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Uji Kuat Tarik

Hasil dari pengujian kuat tarik didapatkan data berupa panjang awal sampel, ketebalan sampel, panjang akhir sampel, dan tegangan maksimum sampel. Nilai kuat tarik sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kuat tarik } (\tau) = \frac{\text{Tegangan Maksimum } (F_{\max})}{\text{Luas penampang melintang } (A)} \quad (3.1)$$

Pengukuran perpanjangan dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara:

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{\text{regangan saat putus (mm)}}{\text{Panjang awal (mm)}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Sedangkan untuk elastisitas (*modulus young*) diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan elongasi.

$$\text{Modulus Young} = \frac{\text{Kuattarik}}{\text{Elongation}} \quad (3.3)$$

Parameter nilai kuat tarik, *elongation*, dan *modulus young* yang telah dihitung dimasukkan ke dalam tabel 3.

Tabel 3.1 Data pengujian mekanik sampel *edible film*

Variabel		Jenis pati	Uji Tarik (MPa)			Elongasi (%)			Modulus Young (MPa)		
Pati	Gliserol		1	2	3	1	2	3	1	2	3
100%	0%	KP									
		TJ									
		EG									
90%	10%	KP									
		TJ									
		EG									
80%	20%	KP									
		TJ									
		EG									

Keterangan:

- KP : Kulit Pisang
- TJ : Tongkol Jagung
- EG : Enceng Gondok

### 3.5.2 Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Uji Ketahanan Air

Data hasil pengamatan uji ketahanan air berupa data kualitatif, didapatkan melalui penimbangan berat awal sampel dan berat akhir sampel setelah perendaman (kering). Persentase penyerapan air dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

A = Penyerapan Air (%)

$W_0$  = Berat uji mula-mula (g)

W = Berat uji setelah perendaman (g)

Data dari hasil pengukuran dan perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam tabel 3.2

Tabel 3.2 Data pengujian *swelling* (ketahanan air) pada sampel *edible film*

Variabel		Jenis Pati	Uji <i>Swelling</i> (Ketahanan Air) (%)			Rata-rata
Pati	Gliserol		1	2	3	
100%	0%	KP				
		TJ				
		EG				
90%	10%	KP				
		TJ				
		EG				
80%	20%	KP				
		TJ				
		EG				

### 3.5.3 Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Uji FTIR

Hasil pengujian FTIR berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dan nilai transmitansi. Kemudian identifikasi gugus-gugus fungsional (bilangan gelombang) dari spektrum inframerah sampel dengan menggunakan tabel korelasi gugus fungsi untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada *edible film*.

### 3.5.4 Analisis dan Teknik Pengumpulan Data Umur Simpan Bahan

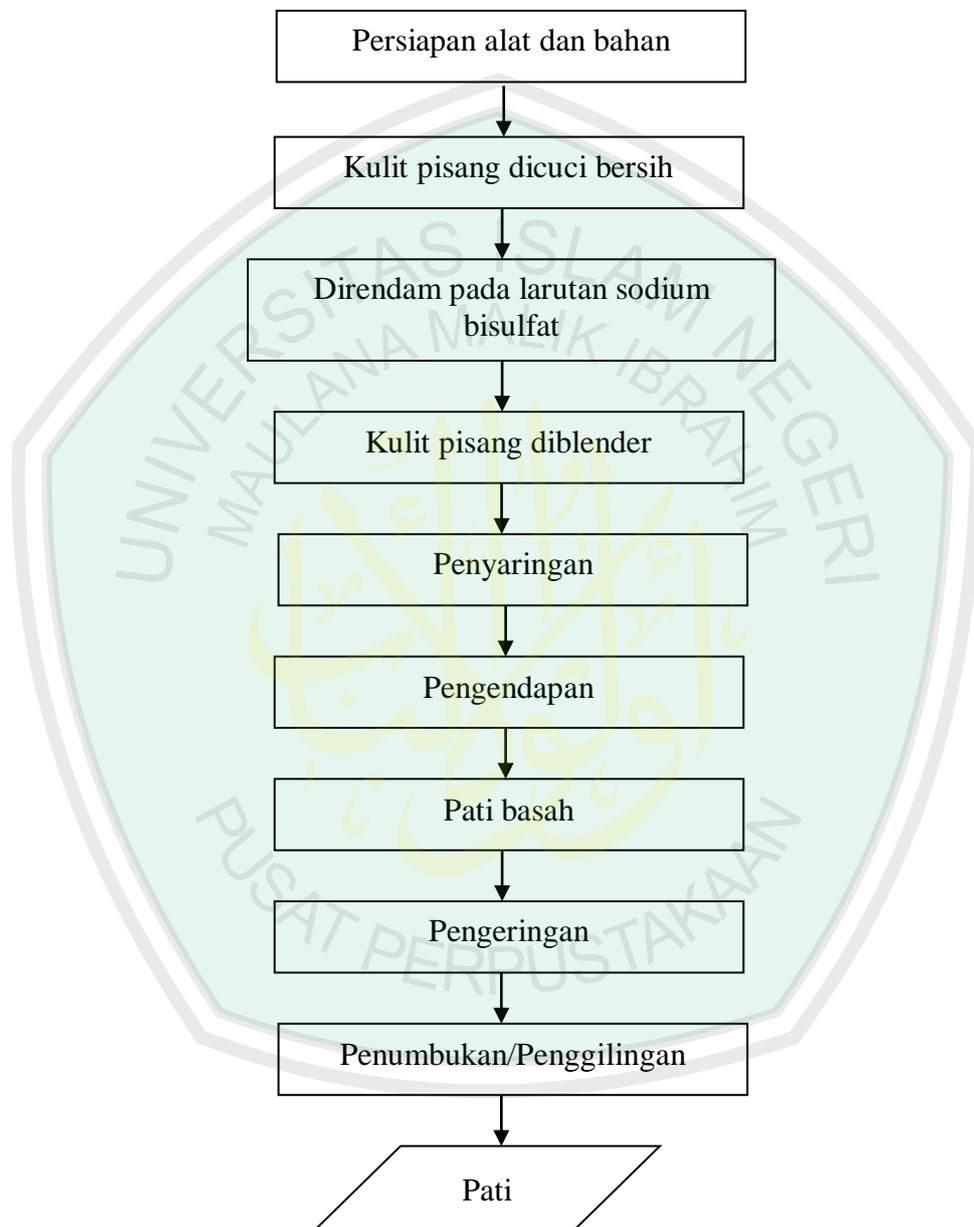
Pengukuran dilakukan dengan cara mengamati sampel uji yang disimpan pada suhu ruang dengan bantuan mikroskop untuk mengetahui tingkat keawetan/umur simpan produk terhadap pertumbuhan jamur.

Tabel 3.3 Data Pengujian Umur Simpan Bahan

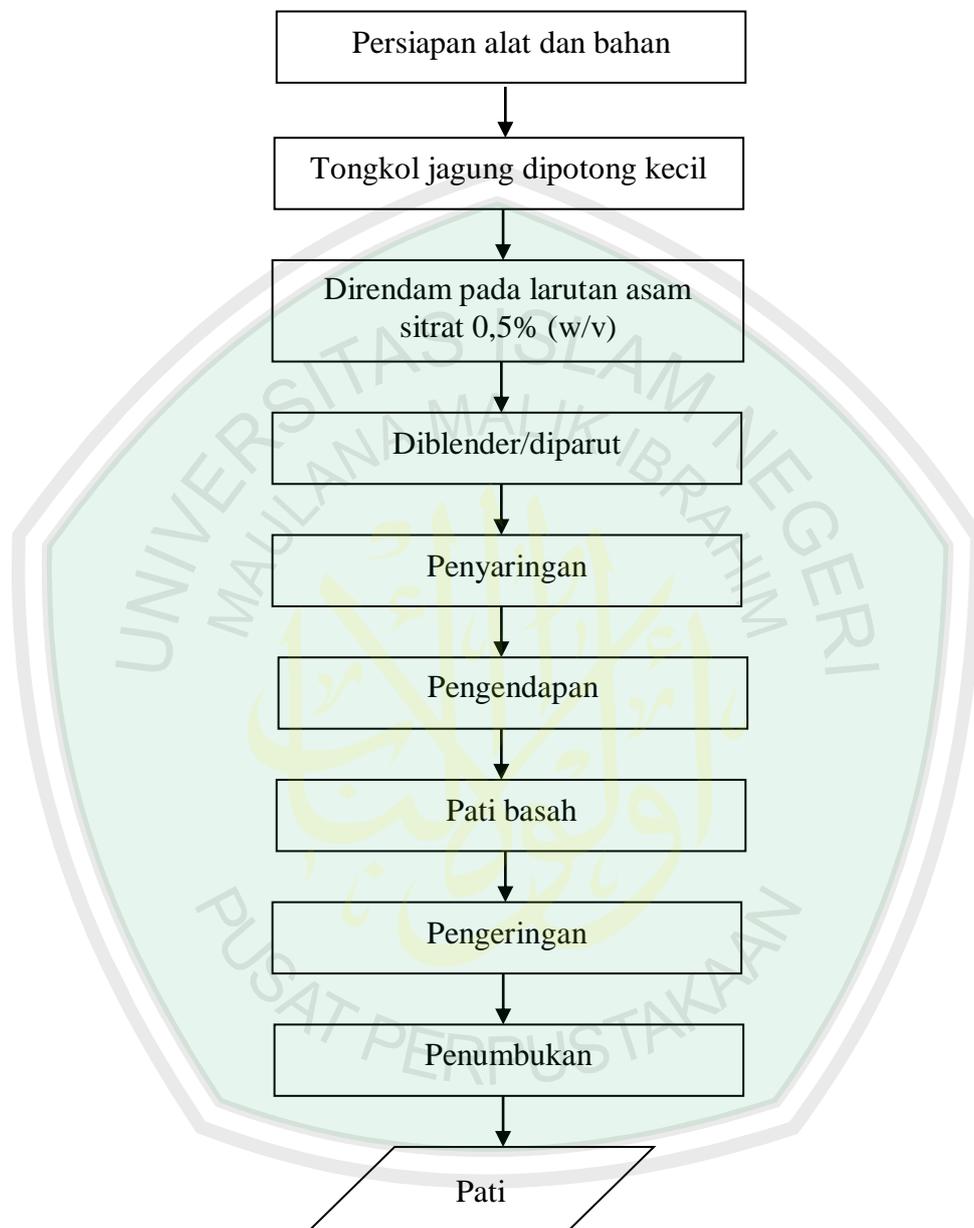
Hari Ke-	Jenis Pati			Keterangan
	KP	TJ	EG	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

### 3.6 Rancangan Penelitian

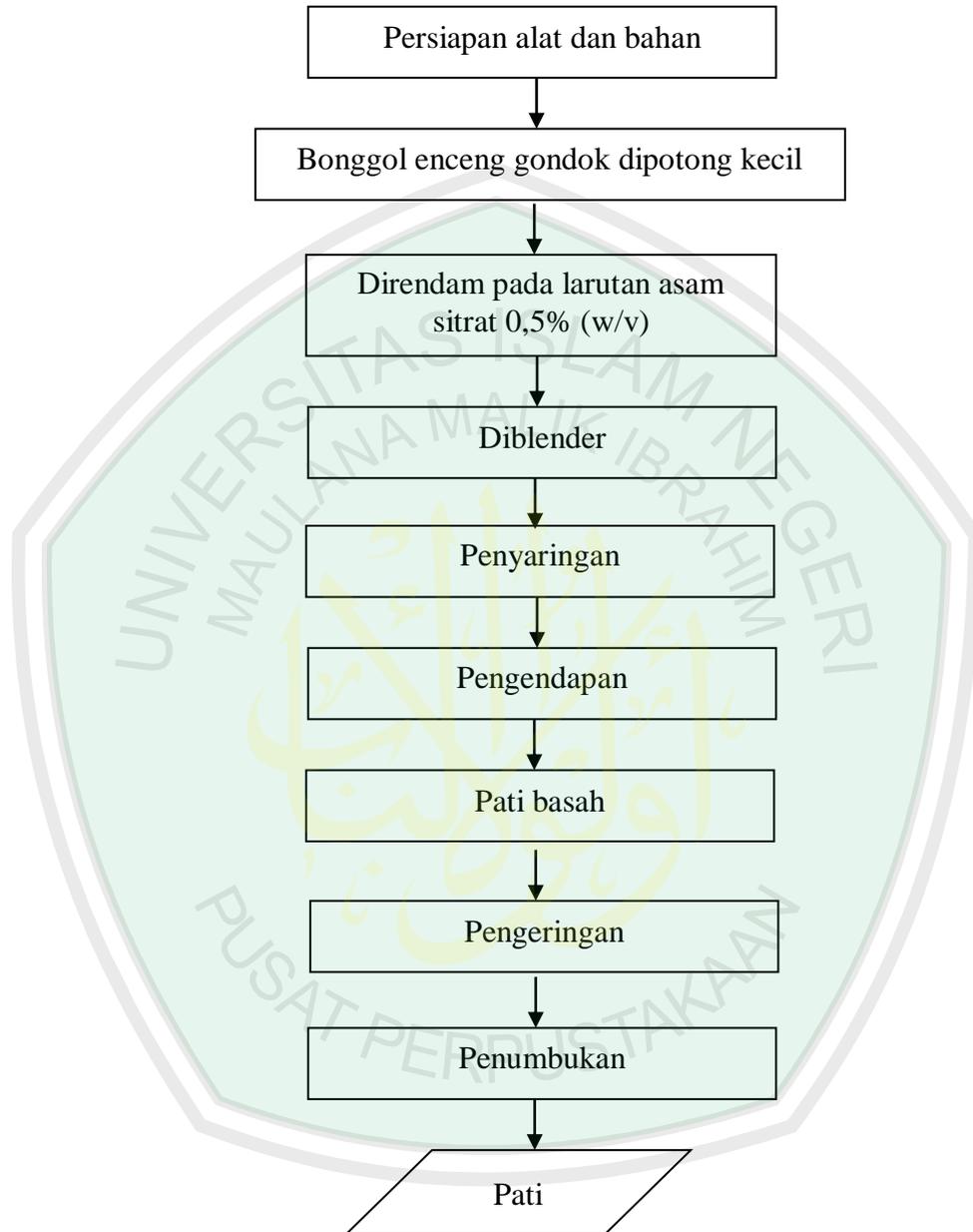
#### 3.6.1 Diagram Alir Pembuatan Pati Kulit Pisang Raja



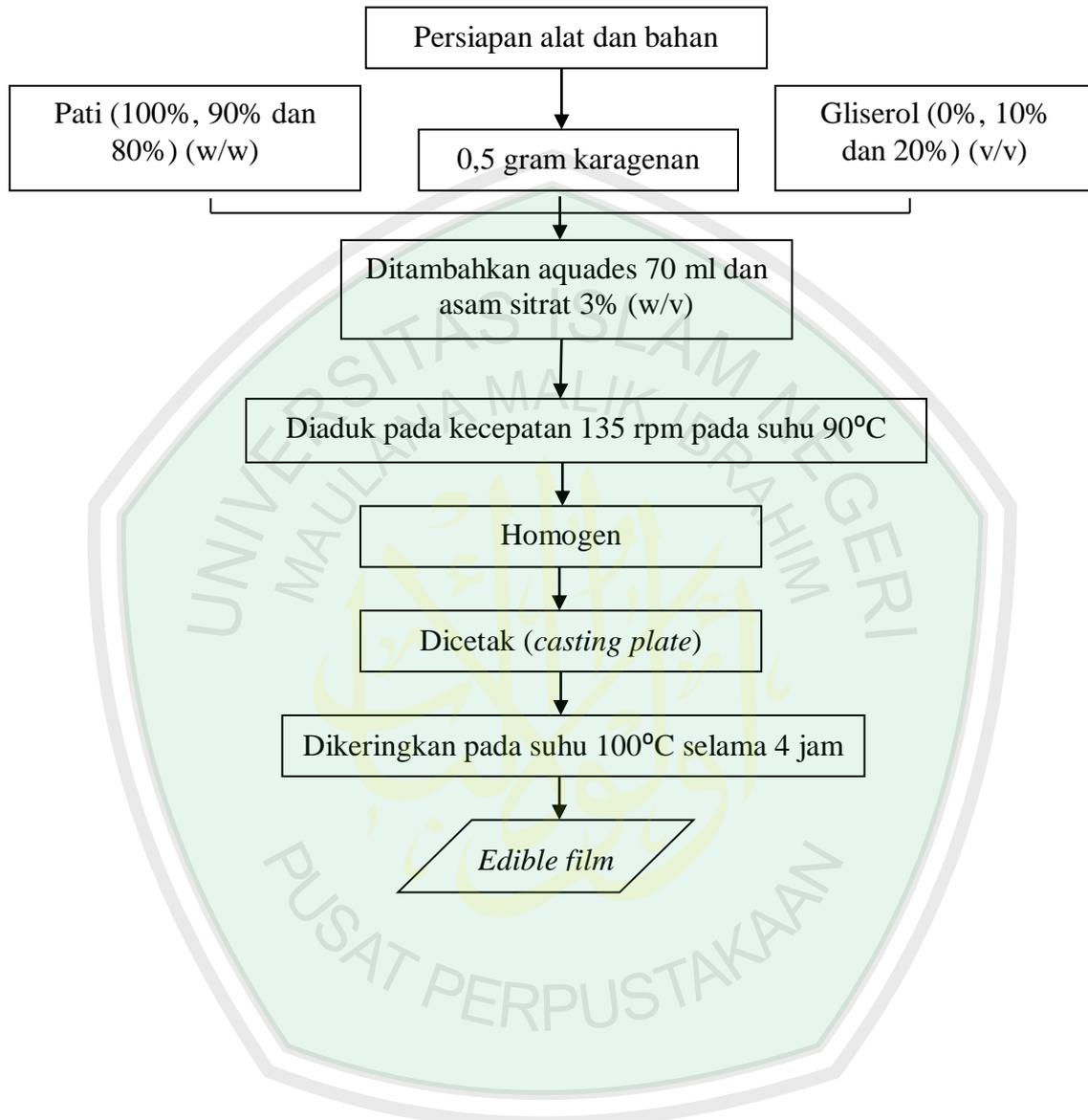
### 3.6.2 Diagram Alir Pembuatan Pati Tongkol Jagung



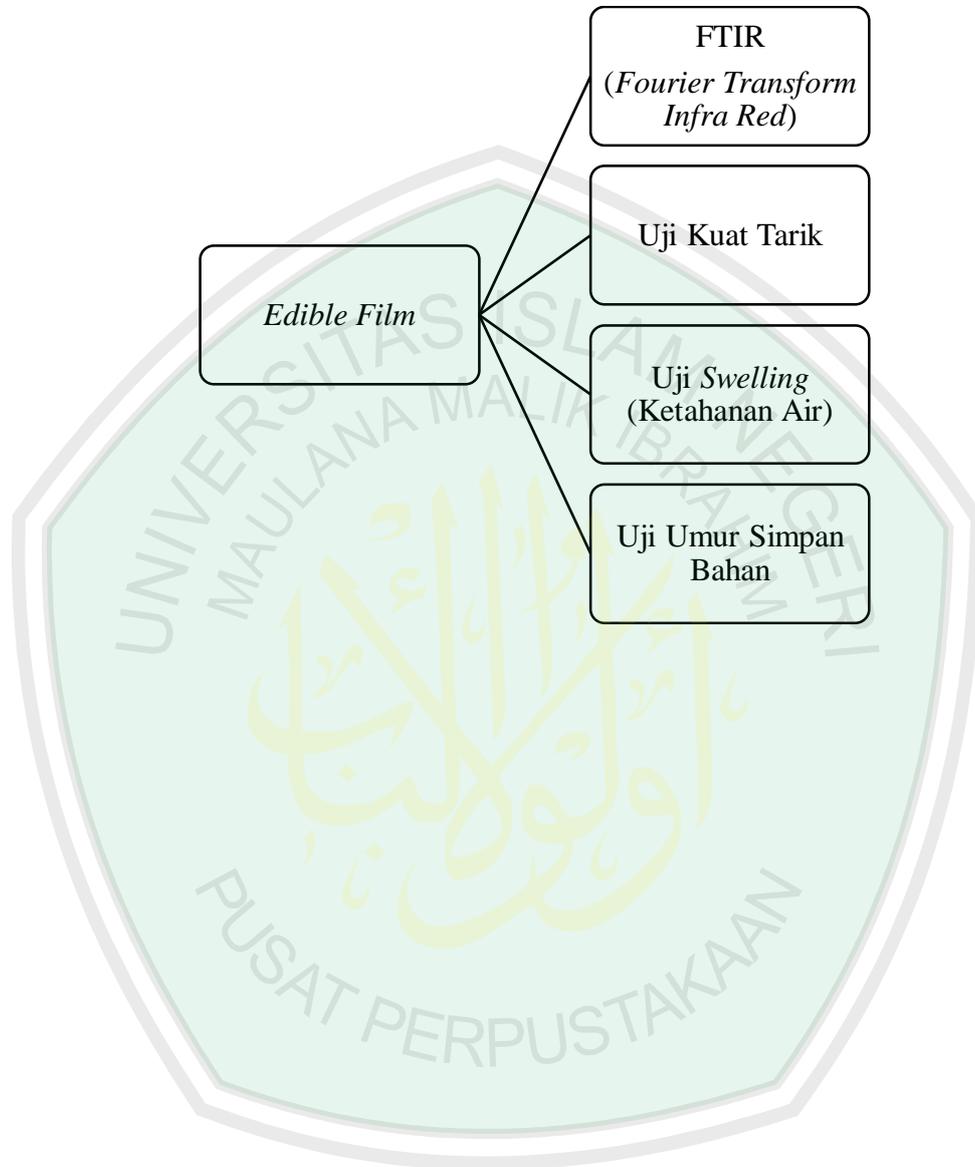
### 3.6.3 Diagram Alir Pembuatan Pati Enceng Gondok



### 3.6.4 Diagram Alir Pembuatan *Edible Film*



### 3.6.3 Pengujian Sampel *Edible Film*



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Data Hasil Penelitian**

Penelitian mengenai *edible film* ini terdiri dari proses pembuatan pati dan pembentukan *edible film*. Identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), pengujian sifat mekanik untuk mengetahui karakteristik mekanis lapisan *film* meliputi nilai kuat tarik, persen pemanjangan (*elongation*), elastisitas *film* (*modulus young*), pengujian sifat fisik berupa ketebalan lapisan *film* dan ketahanan terhadap air (*swelling*), serta pengujian ketahanan umur simpan *film* terhadap pertumbuhan jamur.

#### **4.1.1 Pembuatan Pati**

Pembuatan pati kulit pisang raja dengan cara memisahkan kulit pisang dari buahnya. Kulit pisang dipotong menjadi ukuran kecil dan direndam dalam larutan sodium bisulfat untuk menahan reaksi pencoklatan. Kemudian kulit pisang diblender dan disaring untuk memisahkan sari-sari dari ampasnya setelah itu didiamkan selama satu hari dan diperoleh endapan. Endapan yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan air dari endapannya. Selanjutnya endapan pati yang diperoleh, dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering dan ditumbuk sampai halus.

Pembuatan pati tongkol jagung dan bonggol enceng gondok dilakukan dengan cara tongkol jagung dan bonggol enceng gondok dipotong kecil-kecil, kemudian direndam dalam larutan asam sitrat 0,5% (w/v) selama 10 menit untuk

menghilangkan kandungan lignin. Selanjutnya potongan tongkol jagung dan enceng gondok diblender dan ampasnya diperas dengan kain saring. Setelah itu didiamkan selama satu hari untuk menghasilkan endapan pati. Kemudian pati dikeringkan di bawah terik matahari untuk menghilangkan kandungan air dan ditumbuk sampai halus.

#### **4.1.2 Pembuatan *Edible Film***

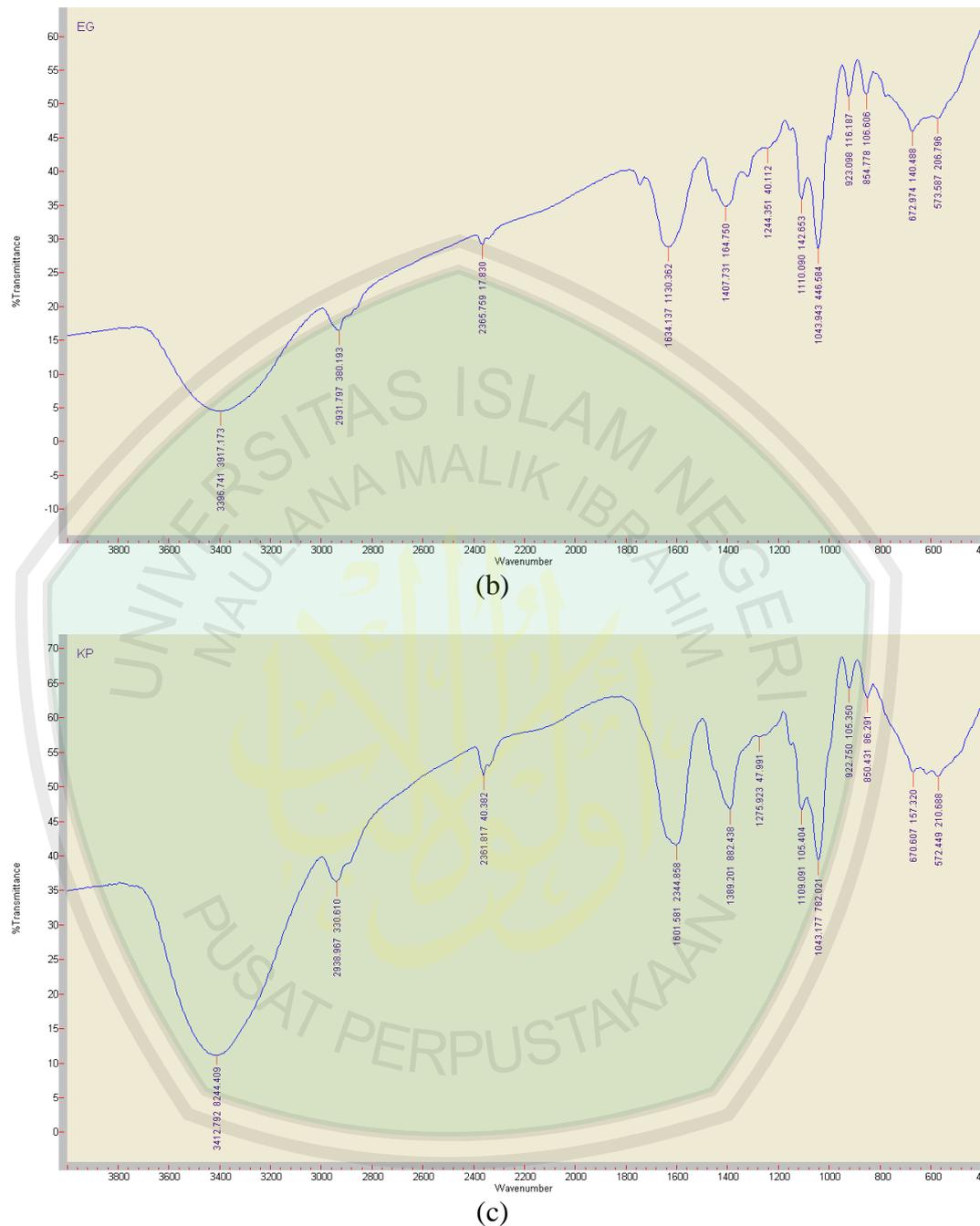
Pati kulit pisang raja, tongkol jagung, dan bonggol enceng gondok kemudian diproses sebagai bahan utama pembentuk *edible film*. Pembuatan lapisan *edible film* dilakukan menggunakan perbandingan pati dan gliserol dengan variasi 100:0, 90:10 dan 80:20 (%w/v). Lalu ditambahkan 10 ml larutan asam sitrat 3% (w/v) dan 0,5 gram karagenan. Asam sitrat digunakan untuk meningkatkan kestabilan dan mempertahankan komposisi gizi, warna makanan, senyawa antioksidan alami dan bahan antimikroba. Karagenan berfungsi untuk mempercepat pembentukan gel dalam larutan. Bahan-bahan tersebut dicampur dan ditambahkan 70 ml aquades kemudian dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu 85°C dengan kecepatan 135 rpm sampai homogen hingga adonan mengental membentuk gel atau agar-agar. Kemudian adonan plastik dituangkan pada cawan petri dan dikeringkan di dalam oven selama 4 jam pada suhu 100°C sampai adonan kering dan membentuk lapisan *film*.

### 4.1.3 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa yang terkandung dalam *edible film*. Identifikasi ini dilakukan dengan menggunakan *Varian FTS tipe 1000 FT-IR Scimitar Series* di Laboratorium Uv-Vis dan FTIR Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Malang. Pengujian dilakukan dengan menggerus potongan kecil sampel *edible film* dengan kalium bromida (KBr). Campuran kemudian dipress pada tekanan 80 Torr, sehingga membentuk pellet. Sampel (pellet) diletakkan pada *set holder* dalam FTIR untuk diuji gugus fungsinya. Sampel yang diuji adalah hasil terbaik dari pengujian kuat tarik pada masing-masing jenis pati dengan penambahan *plastisizer*. Spektrum yang dihasilkan berupa spektra hubungan antara bilangan gelombang dan transmitansi seperti pada gambar 4.1



(a)



Gambar 4.1 Spektrum IR (a) Komposisi pati tongkol jagung (b) Komposisi pati bonggol enceng gondok (c) Komposisi pati kulit pisang

Gambar 4.1 (a) merupakan spektrum yang terbentuk pada lapisan *film* berbahan dasar pati tongkol jagung dengan variasi komposisi pati-gliserosol 80:20, (b) Spektrum IR berbahan dasar bonggol enceng gondok dengan perbandingan

90:10, dan (c) spektrum IR berbahan dasar kulit pisang dengan penambahan variasi *plastisizer* berupa gliserol 90:10. Masing-masing spektrum kemudian diidentifikasi gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk berdasarkan bilangan dan intensitas puncak gelombang.

Tabel 4.1 Gugus fungsi yang terbentuk pada lapisan *film*

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			Gugus Fungsi	Senyawa
KP	TJ	EG		
3412	3458	-	O-H	Alkohol dan Fenol berikatan Hidrogen
-	3338	3396	O-H	Alkohol dan Fenol berikatan Hidrogen
2938	2941	2931	N-H & C-H	Asam Karboksilat dan Amonium
2361	2362	2365	N-H & C-H	Asam Karboksilat dan Amonium
1601	1644	1634	C=O	Aldehida, Keton, Ester
-	1593	-	C=N	Ikatan Rangkap Dua (Imin dan Oksim)
-	1409	1407	C=C	Alkena Aromatik
1275	1241	1244	C-N	Amina Aromatik
1109	1111	1110	C-N	Alkil Amina
1043	1043	1043	O-H	Alkohol primer
922	924	923	C-C & C-O	Eter, Epoksida, Peroksida
850	852	854	N-H	Amina Primer & Sekunder (Cairan)
670	675	672	=C-H	Siklik

Tabel 4.2 menunjukkan beberapa gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada lapisan *film*. Dari ke tiga sampel yang diuji yaitu jenis pati kulit pisang (90%), tongkol jagung (80%), dan bonggol enceng gondok (90%) memiliki gugus fungsi O-H dengan nama senyawa alkohol dan fenol berada pada bilangan gelombang 3412 cm<sup>-1</sup> dan 3458 cm<sup>-1</sup>, 3338 cm<sup>-1</sup> dan 3396 cm<sup>-1</sup>. Gugus OH yang terbentuk menunjukkan adanya penambahan konsentrasi gliserol yang digunakan

yang berikatan pada gugus OH pada pati. Ikatan tunggal nitrogen, karbon dan hidrogen pada gugus N-H & C-H teridentifikasi pada bilangan gelombang 2938  $\text{cm}^{-1}$ , 2941  $\text{cm}^{-1}$ , dan 2931  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus pada senyawa asam sitrat yang digunakan sebagai bahan antimikroba.

Ikatan rangkap dua dengan gugus fungsi C=O teridentifikasi pada bilangan gelombang 1601 $\text{cm}^{-1}$ , 1644 $\text{cm}^{-1}$ , dan 1634 $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan struktur karbohidrat pada pati, sedangkan pada daerah 1593 $\text{cm}^{-1}$  terdapat senyawa imin dan oksim (C=N). Rentang bilangan gelombang <1500 $\text{cm}^{-1}$  merupakan rentangan ikatan tunggal karbon-hetero atom yang terletak di daerah sidik jari, dengan puncak absorpsi yang sangat kuat. Rentang sidik jari dari masing-masing jenis pati *edible film* memiliki gambaran yang identik satu sama lain.

Ikatan rangkap dua (alkena) C=C terdapat pada bilangan gelombang 1409  $\text{cm}^{-1}$ , 1407  $\text{cm}^{-1}$ . Ikatan tunggal amina aromatik dan alkil amina (C-N) teridentifikasi di daerah 1275  $\text{cm}^{-1}$ , 1241  $\text{cm}^{-1}$ , 1244  $\text{cm}^{-1}$  dan pada rentang bilangan gelombang 1109  $\text{cm}^{-1}$ , 1111  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1110  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang 1043  $\text{cm}^{-1}$  terdapat senyawa alkohol primer (O-H) dan senyawa eter, epoksida, peroksida (C-C & C-O) pada rentang bilangan gelombang 922  $\text{cm}^{-1}$ , 923  $\text{cm}^{-1}$ , dan 924  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan bahwa *film* bersifat hidrofilik. Pada puncak 850 $\text{cm}^{-1}$ , 852  $\text{cm}^{-1}$ , dan 854  $\text{cm}^{-1}$  terbentuk senyawa amina primer & sekunder. Bilangan gelombang 670  $\text{cm}^{-1}$ , 675  $\text{cm}^{-1}$ , dan 672  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi =C-H dengan senyawa siklik.

#### 4.1.4 Uji Kuat Tarik

Sampel *edible film* diuji tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk IMADA di Laboratorium Material Jurusan Fisika Universitas Brawijaya. Pengujian tarik dilakukan dengan memotong ukuran sampel seperti pada gambar 3.2 sesuai dengan standart ASTM. Ketebalan sampel dilakukan dengan cara mengukur tebal lapisan *edible film* pada tiga titik yang berbeda yang mewakili ketebalan seluruh sampel dan dihitung rata-ratanya. Pada pengujian tarik, sampel dijepitkan pada kedua set holder (penjepit) mesin UTM dan dilakukan pengukuran panjang awal sampel. Penarikan dilakukan dengan cara memutar tuas roda pada alat UTM sehingga penjepit bagian atas akan menarik sampel sampai putus. Kemudian dilakukan pengukuran panjang akhir sampel. Pengujian kuat tarik dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada tiap variabel komposisi.

Tabel 4.2 Ketebalan Lapisan *Edible Film*

Variasi Komposisi Pati dan Gliserol	Jenis Pati	I	II	III	Tebal Rata-Rata (mm)
100% dan 0%	KP	0,14	0,11	0,09	0,11
	TJ	0,02	0,07	0,04	0,04
	EG	0,11	0,06	0,06	0,08
90% dan 10%	KP	0,05	0,07	0,11	0,08
	TJ	0,07	0,06	0,04	0,06
	EG	0,05	0,05	0,05	0,05
80% dan 20%	KP	0,1	0,09	0,1	0,1
	TJ	0,05	0,04	0,06	0,05
	EG	0,1	0,08	0,06	0,08

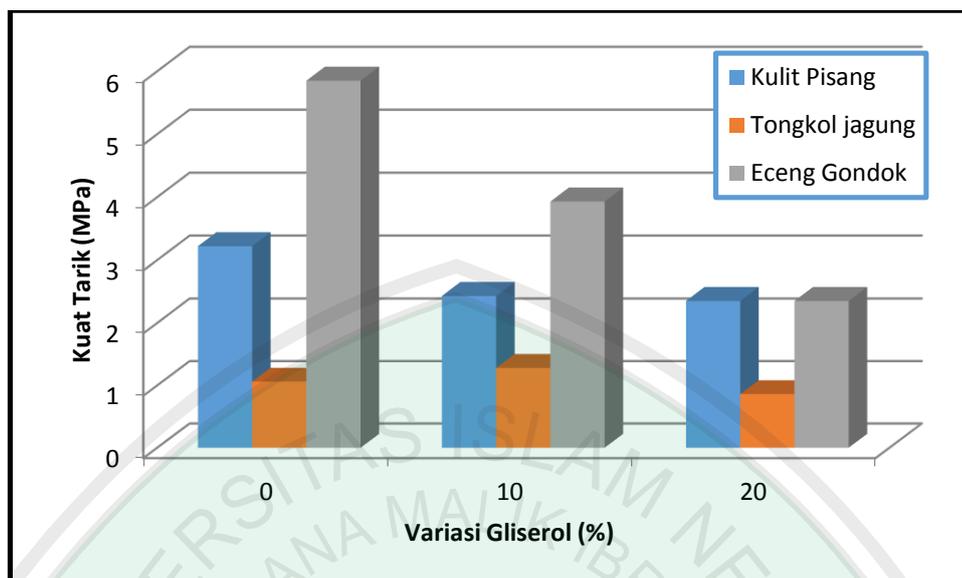
Ketebalan lapisan *film* berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* dan ketahanan air yang dihasilkan. Ketebalan lapisan *film* yang berbeda

dapat dipengaruhi oleh viskositas larutan *edible film*, kandungan polimer penyusun *film*, dan juga penambahan *plastisizer* yang digunakan. Pengukuran nilai kuat tarik dihitung dari hasil pembagian tegangan maksimum (F) dengan luas penampang sampel (A) sebelum diuji. Uji kekuatan tarik dilakukan pada 3 sampel *edible film* dari masing-masing jenis dan komposisi pati-gliserol kemudian dihitung rata-ratanya. Nilai kuat tarik menggunakan satuan *megapascal* (MPa) ( $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$ ).

Tabel 4.3 Data Hasil Uji Kuat Tarik *Edible Film*

Variasi Komposisi Pati & Gliserol	Jenis Pati	I	II	III	Rata-Rata Kuat Tarik (MPa)
100% dan 0%	KP	2,59	1,77	5,3	3,22
	TJ	1,63	0,94	0,61	1,06
	EG	4,07	6,98	6,5	5,85
90% dan 10%	KP	2,62	2,55	2,11	2,43
	TJ	1,06	0,65	2,13	1,28
	EG	3,47	5,06	3,25	3,93
80% dan 20%	KP	2,47	2	2,57	2,35
	TJ	0,76	0,57	1,24	0,86
	EG	1,76	2,37	3,35	2,49

Gaya kuat tarik merupakan besarnya tegangan maksimum yang dapat ditarik oleh mesin UTM pada sample *edible film*. Dari hasil pengukuran menunjukkan nilai kekuatan tarik *edible film* menurun dengan penambahan konsentrasi gliserol seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Penambahan gliserol sebagai *plastisizer* dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antara polimer sehingga menyebabkan interaksi antar molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya kuat tarik *film* dengan adanya penambahan *plastisizer*.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Variasi Gliserol Terhadap Nilai Kuat Tarik *Edible Film*

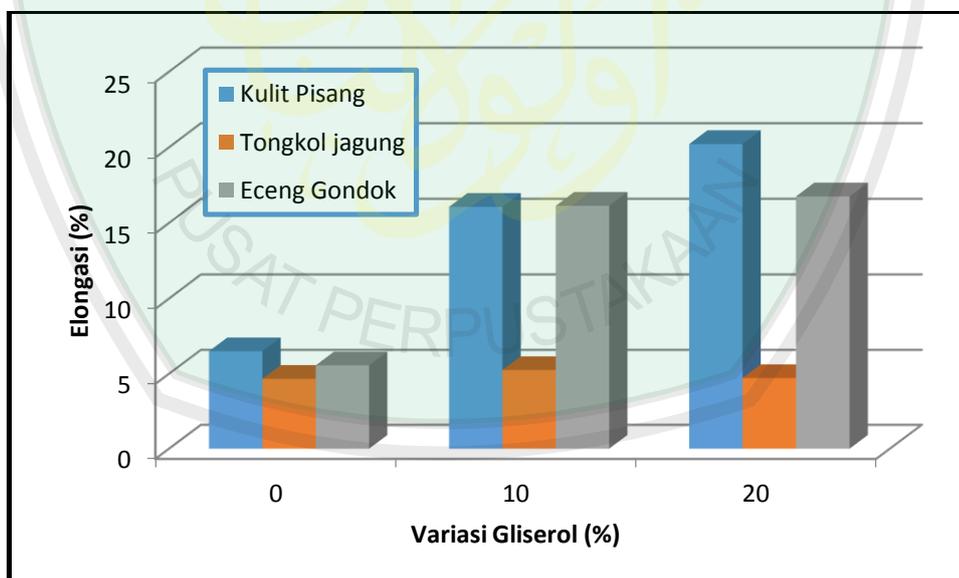
Kekuatan tarik dapat menentukan kekuatan dari *edible film*. Semakin besar nilai kuat tarik menunjukkan semakin baik *edible film* dalam menahan kerusakan mekanis. Dari gambar 4.2 dapat ditunjukkan nilai kuat tarik terbaik dari masing-masing jenis pati yaitu, variasi 100:0 pada pati kulit pisang dan bonggol eceng gondok sebesar 3,22 MPa dan 5,85 Mpa. Sedangkan pada pati tonggol jagung sebesar 1,28 MPa dengan variasi pati-gliserol 90:10. Penambahan *plastisizer* berupa gliserol cenderung menurunkan nilai kuat tarik *edible film*.

Pengukuran persen pemanjangan putus (*elongation*) dihitung dari hasil pembagian pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) setelah dikenai tegangan dengan panjang awal sample ( $l_0$ ) dikalikan 100%. Nilai elongasi yang dihasilkan merupakan nilai rata-rata dari pengukuran 3 sampel *edible film* pada masing-masing jenis dan komposisi pati-gliserol.

Tabel 4.4 Data Hasil Elongasi *Edible Film*

Variasi Pati dan Gliserol	Jenis Pati	I	II	III	Rata-Rata Elongasi (%)
100% dan 0%	KP	11,3	3,02	5,19	6,5
	TJ	5,04	4,68	4,27	4,66
	EG	11,57	2,13	2,98	5,56
90% dan 10%	KP	15,38	15,7	17,09	16,06
	TJ	5,93	4,2	5,63	5,25
	EG	15,83	14,23	18,33	16,13
80% dan 20%	KP	16,57	21,19	22,88	20,21
	TJ	4,27	3,42	6,44	4,71
	EG	18,64	15,52	16,1	16,75

Grafik hubungan antara penambahan konsentrasi gliserol terhadap nilai elongasi ditunjukkan pada gambar 4.3. Penambahan gliserol cenderung meningkatkan nilai kemuluran *film*.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Variasi Gliserol Terhadap Nilai *Elongation Edible Film*

Penambahan gliserol juga berpengaruh terhadap peningkatan nilai elongasi. Gambar 4.3 menunjukkan kenaikan nilai *elongation* yang berbanding

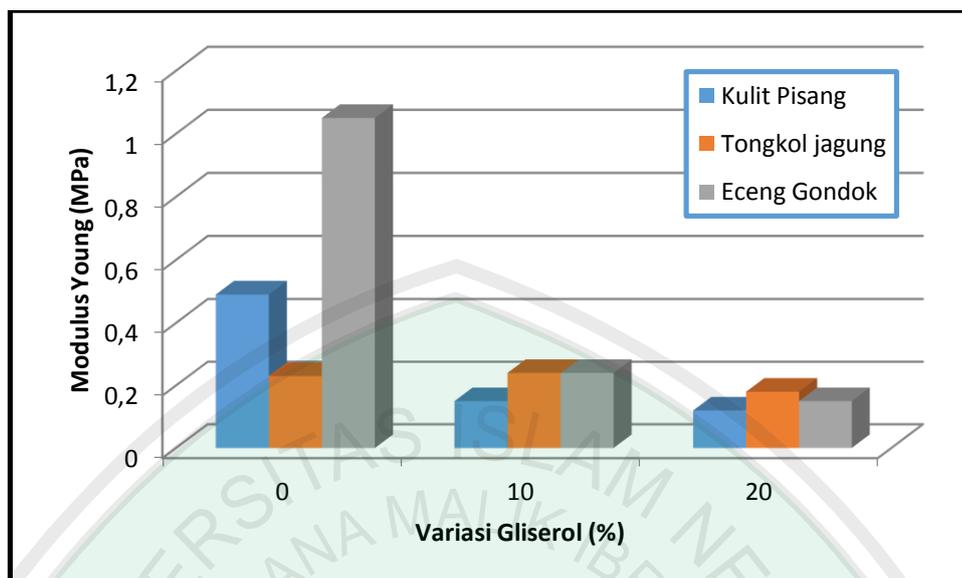
lurus dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Nilai pertambahan panjang (*elongation*) terbaik yaitu pada *film* dari pati kulit pisang dan bonggol enceng gondok dengan variasi pati-gliserol 80:20 sebesar 20,21% dan 16,75%. Sedangkan nilai *elongasi* terbaik pada pati tongkol jagung sebesar 5,25% dengan variasi komposisi pati-gliserol 90:10. Gliserol efektif digunakan sebagai plastisizer karena dapat meningkatkan stabilitas rantai biopolimer dan memperbaiki sifat mekanik *film*. Penambahan gliserol dapat meningkatkan elastisitas *film*.

Nilai *modulus young* (elastisitas) merupakan hasil pembagian dari nilai kuat tarik dan persen pemanjangan (*elongation*) *edible film*.

Tabel 4.5 Nilai *Modulus Young Edible Film*

Variasi Komposisi Pati & Gliserol	Jenis Pati	Rata-Rata Kuat Tarik (MPa)	Rata-Rata Elongasi (%)	Rata-Rata <i>Modulus Young</i> (MPa)
100% dan 0%	KP	3,22	6,5	0,49
	TJ	1,06	4,66	0,23
	EG	5,85	5,56	1,05
90% dan 10%	KP	2,43	16,06	0,15
	TJ	1,28	5,25	0,24
	EG	3,93	16,13	0,24
80% dan 20%	KP	2,35	20,21	0,12
	TJ	0,86	4,71	0,18
	EG	2,49	16,75	0,15

Elastisitas lapisan *film* menunjukkan tingkat kekakuan bahan. Besarnya nilai *modulus young* berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik *edible film* yang dihasilkan. Hasil pengukuran *modulus young* pada masing-masing jenis pati jika digambarkan dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Variasi Gliserol Terhadap Nilai Elastisitas *Edible Film*

Penambahan gliserol dapat meningkatkan nilai kemuluran *film* serta menurunkan nilai kuat tarik dan *modulus young*. *Edible film* yang terbuat dari pati kulit pisang dan bonggol eceng gondok memiliki nilai elastisitas terbaik sebesar 0,49 MPa dan 1.05 MPa dengan perbandingan komposisi pati-gliserol 100:0. Sedangkan pada pati tongkol jagung nilai elastisitas terbaik pada komposisi pati-gliserol 90:10 yaitu sebesar 0,24 MPa.

#### 4.1.3 Uji Ketahanan Air (*Swelling*)

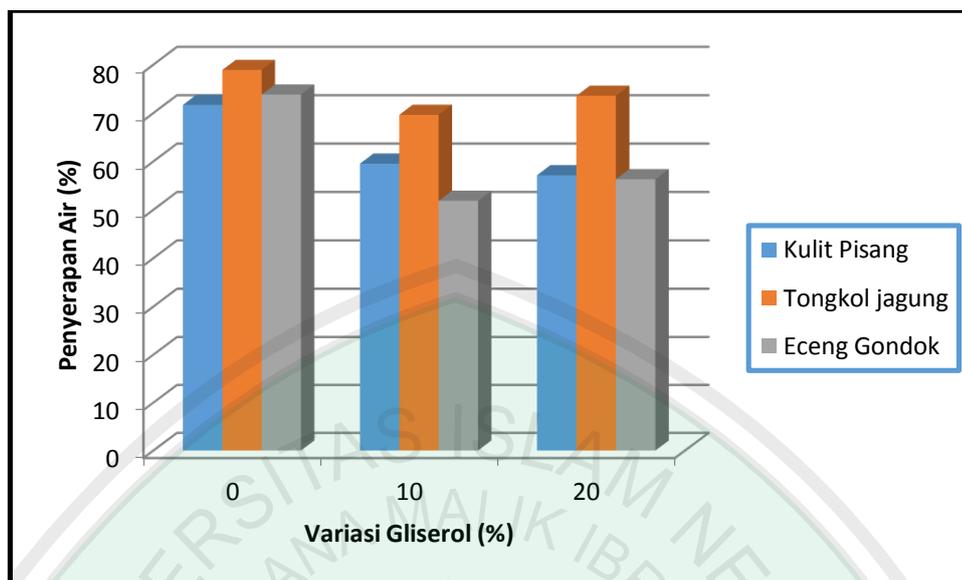
Pengujian ketahanan air dilakukan di Laboratorium Riset Material, Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Sampel *edible film* dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Pengujian sampel dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada tiap variabel komposisi pati-gliserol. Dilakukan penimbangan berat awal sampel ( $W_0$ ), dan dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi 15 ml akuades selama 10 menit. Sampel yang telah direndam

kemudian diangkat dan dibersihkan permukaan sampel yang basah dengan tisu. Dilakukan penimbangan berat akhir sampel ( $W$ ) dan dihitung persentase penyerapan air dengan menggunakan persamaan (3.4). Dari hasil pengukuran dan perhitungan ketahanan air, didapatkan data pengujian *swelling* yang ditunjukkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Pengujian Ketahanan Air *Edible Film*

Variasi Pati & Gliserol	Jenis Pati	$W_0$ (gram)			$W$ (gram)			$\bar{A}$ (%)
		1	2	3	1	2	3	
100% dan 0%	KP	0,0256	0,0220	0,0295	0,0954	0,0753	0,102	71,67%
	TJ	0,0133	0,0123	0,0208	0,0762	0,0796	0,0684	78,89%
	EG	0,0108	0,0105	0,0103	0,0336	0,0458	0,0438	73,81%
90% dan 10%	KP	0,0321	0,0403	0,0308	0,0725	0,0914	0,0932	59,53%
	TJ	0,0293	0,0292	0,0301	0,0903	0,0943	0,1085	69,62%
	EG	0,0372	0,0334	0,0436	0,0793	0,0703	0,0871	51,84%
80% dan 20%	KP	0,0744	0,0813	0,0516	0,1441	0,1893	0,1516	57,13%
	TJ	0,0253	0,0215	0,0280	0,1031	0,0828	0,0971	73,55%
	EG	0,0415	0,0503	0,0413	0,1067	0,0944	0,1061	56,3%

Penambahan *plastisizer* dari setiap perlakuan cenderung meningkatkan nilai daya serap air *edible film*, yang ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Variasi Gliserol Terhadap Ketahanan Air *edible Film*

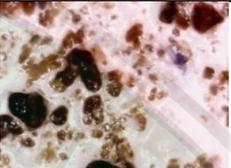
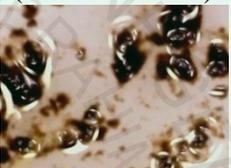
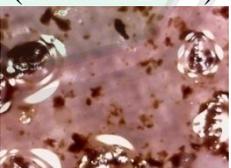
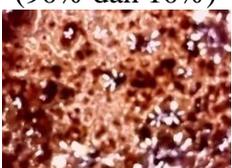
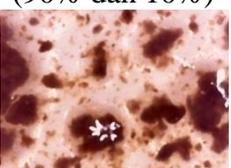
Gambar 4.5 menunjukkan tingkat daya serap air pada *edible film* dari masing-masing jenis pati dengan komposisi pati-gliserol yang berbeda. *Edible film* yang terbuat dari pati tanpa penambahan gliserol memiliki persentase nilai penyerapan air tertinggi yaitu sebesar 71,67% pada jenis pati kulit pisang, 78,89% dan 73,81% pada jenis pati tongkol jagung dan bonggol enceng gondok.

#### 4.1.4 Uji Umur Simpan

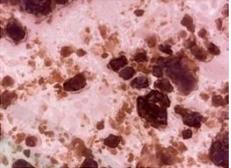
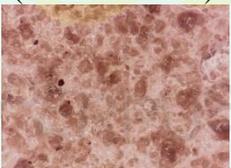
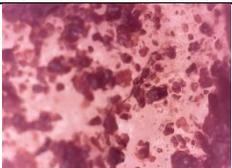
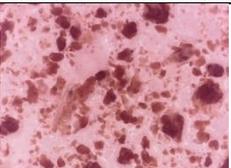
Pengujian umur simpan dilakukan di Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan *edible film* dari pengaruh suhu dan lingkungan terhadap pertumbuhan jamur. Pembuatan biopolimer yang menggunakan bahan-bahan organik pada umumnya memiliki ketahanan atau umur simpan yang pendek (tidak tahan lama) dan mudah berjamur. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sampel *edible film* pada cawan petri dan dibiarkan pada suhu ruang

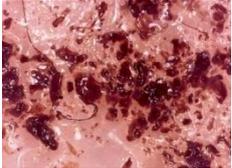
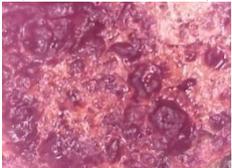
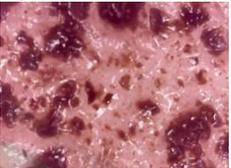
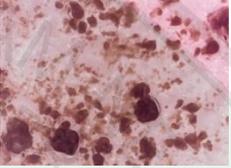
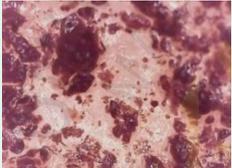
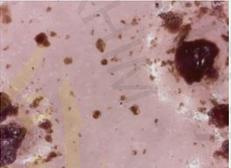
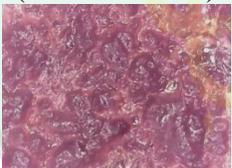
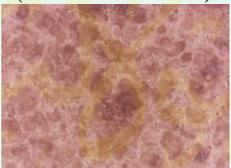
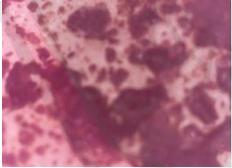
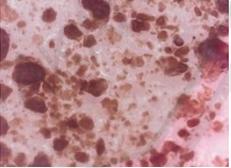
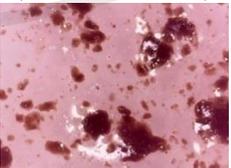
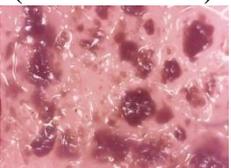
untuk mengetahui tingkat pertumbuhan jamur dari pengaruh lingkungan. Pengambilan data dilakukan setiap hari melalui pengamatan pada sampel uji dengan menggunakan mikroskop digital selama dua minggu.

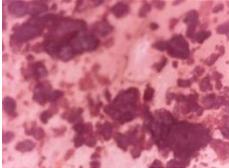
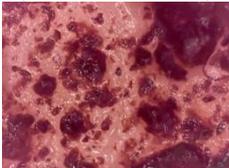
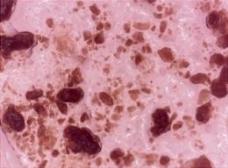
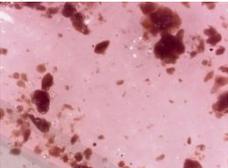
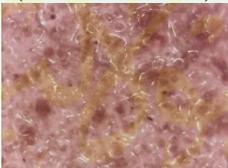
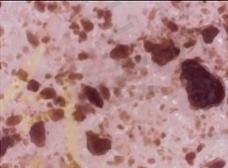
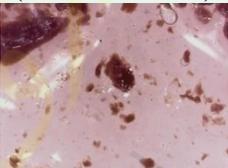
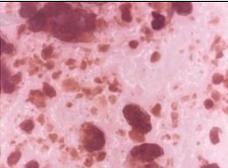
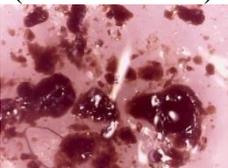
Tabel 4.7 Data Pengamatan Uji Umur Simpan *Edible Film*

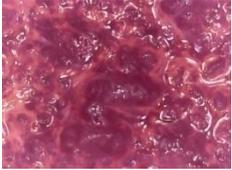
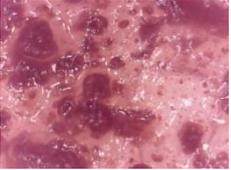
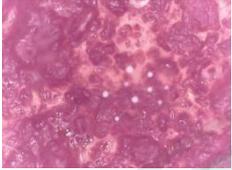
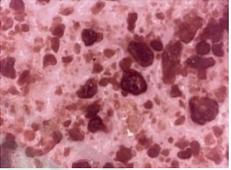
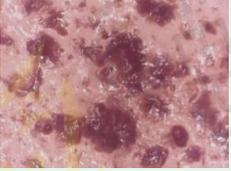
Hari	KP	TJ	EG	Keterangan
1	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
2	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	

3	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(80% dan 20%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(80% dan 20%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(80% dan 20%)</p>	Tidak ada pertumbuhan jamur
4	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(80% dan 20%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(80% dan 20%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p> <p>(100% dan 0%)</p>	Tidak ada pertumbuhan jamur
5	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p>	<p>(100% dan 0%)</p> <p>(90% dan 10%)</p>	Tidak ada pertumbuhan jamur

	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
6	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
7	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
8	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur

	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
9	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
10	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Tidak ada pertumbuhan jamur
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	

11	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	<p>Tidak ada pertumbuhan jamur</p>
12	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)  (80% dan 20%)	<p>Tidak ada pertumbuhan jamur</p>
13	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)	 (100% dan 0%)  (90% dan 10%)	<p>Terdapat pertumbuhan jamur pada sampel 100:0 dari semua jenis pati</p>

	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	
14	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	 (100% dan 0%)	Terdapat pertumbuhan jamur pada sampel 100:0 dari semua jenis pati
	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	 (90% dan 10%)	
	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	 (80% dan 20%)	

## 4.2 Pembahasan

Ekstraksi pati dari kulit pisang, tongkol jagung, dan bonggol enceng gondok merupakan bahan dasar utama yang digunakan dalam pembuatan *edible film*. Pohon pisang, jagung, dan enceng gondok merupakan beberapa jenis dari sekian banyak tanaman yang Allah SWT ciptakan agar dapat manusia memanfaatkan penggunaannya secara optimal. Dalam QS. ash-Shu'ara (26): 7 Allah SWT berfirman:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Lafadz كَرِيمٌ artinya baik dan mulia. Adapun asal kata *al-kariim* dalam bahasa Arab adalah *al-fadhl* (keutamaan) yang menunjukkan bahwa terdapat banyak keutamaan yang Allah SWT ciptakan di muka bumi, dalam hal ini ialah tumbuhan-tumbuhan (Al-Qurtubi, 2009).

Lafadz زَوْجٌ كَرِيمٌ menunjukkan bahwa bumi memiliki sumber kekayaan alam yang melimpah. Allah SWT menghidupkan bumi dengan berbagai macam tumbuh-tumbuhan dengan pelbagai macam manfaat yang terkandung di dalamnya. Tumbuh-tumbuhan yang baik merupakan tumbuhan yang dapat memberikan banyak manfaat bagi manusia yang dapat digunakan. Tanaman serta buah-buahan yang mengandung karbohidrat dapat diekstrak kandungan senyawa organiknya seperti pati sebagai bahan baku dalam pembuatan *edible film*.

*Film* yang terbentuk dari polisakarida biasanya bersifat rapuh dan kaku sehingga diperlukan penambahan *plastisizer* untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik *edible film*. Penambahan *plastisizer* berupa gliserol berpotensi menghasilkan *edible film* dengan fleksibilitas tinggi tanpa merubah sifat *film*. Pengaruh penambahan *plastisizer* pada pati akan menghasilkan karakteristik fisis dan mekanis yang berbeda sesuai dengan variasi komposisi yang digunakan.

Analisis gugus fungsi pada alat FTIR menunjukkan terjadi pergeseran puncak gelombang pada gugus hidroksil pada pati karena penambahan konsentrasi gliserol. Hal ini dikarenakan gliserol mudah terikat pada rangkaian gugus hidroksil dalam air dan bergabung dengan gugus OH pati. Bentuk puncak yang

landai pada gugus hidroksil menunjukkan ikatan OH mengalami penurunan akibat pengaruh penambahan *plastisizer*. *Edible film* dari pati tongkol jagung dengan variasi komposisi pati-gliserol 80:20 mengalami pergeseran puncak gelombang di daerah  $3458\text{ cm}^{-1}$  dan  $3338\text{ cm}^{-1}$ . Sehingga membentuk muka spektrum yang lebih rendah dan melebar dibandingkan pada spektrum pada jenis pati kulit pisang dan bonggol enceng gondok dengan perbandingan pati-gliserol 90:10 yang bergeser pada bilangan gelombang  $3412\text{ cm}^{-1}$  dan  $3396\text{ cm}^{-1}$  dengan bentuk puncak yang lebih sempit. Serapan gugus OH mengalami pelebaran karena adanya interaksi senyawa hidroksil antara air, pati, dan gliserol pada *edible film*. Pelebaran spektrum pada gugus hidroksil yang dipengaruhi oleh penambahan gliserol menunjukkan konsentrasi penggunaan *plastisizer* yang berbeda dan berpengaruh pada karakteristik sifat mekanik *edible film* yang akan dihasilkan.

Gugus fungsi C=O merupakan struktur pada senyawa dalam karbohidrat yang ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1601\text{ cm}^{-1}$ ,  $1644\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1634\text{ cm}^{-1}$ . Molekul karbohidrat atau pati merupakan senyawa yang mengandung struktur gugus karbonil (sebagai aldehida dan keton) dan hidroksil yang berantai panjang. Senyawa asam karboksilat dengan gugus fungsi C-H pada bilangan gelombang  $2931\text{ cm}^{-1}$ ,  $2938\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2941\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan kandungan asam sitrat pada sampel yang berfungsi sebagai bahan pengawet alami untuk menekan pertumbuhan jamur pada lapisan *film*. Dan gugus fungsi C-C & C-O menandakan bahwa lapisan *film* bersifat hidrofilik.

Komponen penyusun *edible film* dengan menggunakan pati (polisakarida) dari kulit pisang, tongkol jagung, dan bonggol enceng gondok sebagai biopolimer

serta gliserol sebagai *plastisizer* dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik *film*. Biopolimer pati memiliki karakteristik *film* yang mudah rapuh dan kaku sehingga diperlukan penambahan gliserol untuk meningkatkan fleksibilitas *film*. Sifat mekanik *edible film* dipengaruhi oleh tiga parameter yaitu kuat tarik, persen pemanjangan (*elongation*), dan modulus elastisitas *film* (*modulus young*).

Komposisi pati-gliserol berpengaruh terhadap kekuatan tarik, nilai *elongasi* dan elastisitas *edible film*. Penambahan gliserol pada masing-masing pati cenderung menurunkan nilai kuat tarik *film*. Hal ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan mobilitas pada rantai-rantai polimer yang disebabkan menurunnya interaksi intermolekul pada molekul gliserol. Rodriguez (2006) mengemukakan bahwa penggunaan gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya dan menyebabkan peningkatan ruang molekul primer.

Sifat polar pada gugus hidroksil disekitar rantai gliserol dapat menambah ikatan hidrogen polimer yang menggantikan ikatan polimer pati pada *edible film*. *Plastisizer* memiliki berat molekul rendah yang dapat masuk ke dalam matriks polimer pati sehingga meningkatkan kemampuan pembentukan *film*. Peningkatan konsentrasi gliserol akan menghasilkan pengurangan interaksi intermolekuler dan peningkatan pergerakan dari rantai polimer, sehingga kuat tarik akan menurun.

Pertambahan panjang (kemuluran) *film* menunjukkan terjadinya perubahan bentuk pada benda saat dikenai tegangan. *Edible film* yang dibuat tanpa menggunakan *plastisizer* memiliki karakteristik mekanis yang mudah rapuh dan robek. Sehingga penambahan *plastisizer* sangat penting untuk mengatasi *film* yang

rapuh. Gliserol dapat berinteraksi dengan pati dan membentuk suatu ikatan hidrogen antara polimer yang dapat meningkatkan fleksibilitas dari suspensi keduanya. Menurut Krochta (1994), poliol seperti gliserol berfungsi secara efektif sebagai *plastisizer* berdasarkan pada kemampuannya untuk mengurangi ikatan hidrogen internal dengan meningkatkan ruang kosong antar molekul, sehingga menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas *film*. Ruang kosong antar molekul tersebut akan terisi oleh *plastisizer* sehingga dapat menurunkan tegangan interaksi antar molekul pati. Hal ini menunjukkan bahwa *edible film* dengan penambahan konsentrasi gliserol yang tinggi dari setiap perlakuan menaikkan nilai elongasi (kemuluran). Modulus elastisitas merupakan kebalikan dari persen pemanjangan, karena akan semakin menurun seiring meningkatnya jumlah *plastisizer* dalam *film* (Hikmah, 2015).

Peningkatan sifat mekanis *edible film* yang dipengaruhi oleh penambahan gliserol ditunjukkan pada hasil spektrum gugus fungsi O-H pada spektrum IR yang melebar seiring penambahan konsentrasi gliserol. Spektrum pada gugus fungsi O-H tersebut menunjukkan adanya ikatan hidrogen antar gugus hidroksil antara senyawa pati dan gliserol pada daerah bilangan gelombang  $>3300\text{ cm}^{-1}$  sehingga berpengaruh kuat pada karakteristik *edible film* yang dihasilkan.

Pengaruh komposisi pati-gliserol terhadap sifat mekanis *edible film* juga dibuktikan pada analisis ragam uji Anova. Analisis ragam pada Anova (lampiran 5) menunjukkan angka signifikansi 0,016. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol pada *edible film* berpengaruh terhadap nilai mekanis *film* meliputi nilai kekuatan tarik, elongasi, dan nilai pertambahan

panjang *film*. Wittaya (2013), penambahan padatan terlarut dan *plastizicer* berpengaruh dalam kinerja rantai polimer sehingga mempengaruhi persen pemanjangan *edible film*. Bentuk, jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul *plasticizer* akan mempengaruhi sifat mekanis *edible film*.

Hasil nilai kuat tarik, elongasi, dan elastisitas pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil pengujian yang dilakukan Wardah (2014), dengan nilai kuat tarik (1,16 Mpa), elongasi (5,17%) dan *modulus young* (0,22 MPa) pada *edible film* berbahan dasar enceng gondok dengan komposisi pati-gliserol yang sama 100:0. Sedangkan pada pati tongkol jagung nilai yang dihasilkan lebih rendah yaitu nilai kuat tarik (2,74 MPa), *modulus young* (0,43 MPa) tetapi lebih tinggi pada nilai rata-rata elongasi (1,17%). Penambahan konsentrasi gliserol dapat meningkatkan nilai pertambahan panjang *edible film* dan menurunkan nilai kuat tariknya.

Penambahan *plastisizer* cenderung meningkatkan daya serap air pada lapisan *film*. Semakin besar konsentrasi gliserol yang digunakan, ketahanan airnya semakin rendah dengan persentase *water uptake* semakin besar yang berarti bahwa proses penyerapan air sangat besar. Nilai penyerapan air terbesar pada *edible film* terdapat pada semua jenis pati dengan komposisi pati-gliserol 100:0. *Edible film* yang terbuat dari pati sebagai komponen utamanya cenderung memiliki sifat mekanis yang kecil dimana lapisan *film* yang dihasilkan mudah rapuh dan sobek. Sehingga daya serap air pada lapisan *film* meningkat. Semakin besar konsentrasi pati, maka nilai *water uptake* nya semakin besar dikarenakan

kecenderungan pati yang memiliki gugus hidroksil lebih banyak sehingga lebih banyak menyerap air. Namun, daya serap tersebut akan berpengaruh ketika diberikan penambahan gliserol, dikarenakan adanya ikatan antara gugus karboksil dan hidroksil sehingga mengurangi daya serap air yang melapisi *film*.

Nilai daya serap air yang tinggi menunjukkan bahwa *edible film* dapat terdegradasi secara alami sehingga berkontribusi nyata dalam mengatasi problematika permasalahan lingkungan yang selama ini diakibatkan oleh penggunaan sampah plastik berbahan sintetis. Pada umumnya, setelah sampah (plastik) dibuang ke tanah akan mengalami proses penghancuran secara alami, baik melalui proses fotodegradasi (cahaya matahari), degradasi kimia (air, oksigen), maupun biodegradasi (bakteri, jamur, enzim). *Edible film* yang bersifat hidrofilik akan mudah terdegradasi secara cepat dan alami tanpa menimbulkan resiko kerusakan lingkungan karena sifatnya yang *biodegradable*. Hal ini berbeda dengan penggunaan plastik sintetis yang sulit terdegradasi secara alami dan membutuhkan waktu puluhan tahun untuk bisa terurai. Seperti yang tercantum dalam QS. ar-Rum (30): 41 Allah SWT berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي  
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari akibat perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Kata *al-fasaad* menurut al-Ashfahani adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Kata ini digunakan menunjuk

apasaja, baik jasmani, jiwa maupun hal-hal lain (Shihab, 2002). Makna *al-fasaad* pada ayat di atas bersifat 'am (umum). Hal ini berarti segala kerusakan di bumi baik di darat maupun di laut dalam berbagai bentuknya dapat disebut sebagai *al-fasaad*. Kerusakan di darat misalnya longsor, banjir, pencemaran lingkungan (tanah) dan sejenisnya bisa dikatakan sebagai *al-fasaad fi al-birrii* dan kerusakan di laut seperti pencemaran air akibat limbah dan sejenisnya bisa dikatakan sebagai *al-fasaad fi al-bakhrii* (Mukhtar, 2010)

Timbulnya kerusakan alam adalah sebagai akibat perbuatan manusia. Sampah plastik yang dibiarkan menumpuk menimbulkan problem pada pencemaran lingkungan. Racun kimia yang terdapat di dalam plastik dapat memberikan efek buruk pada lingkungan. Kondisi tersebut akan meningkatkan resiko kerusakan alam yang semakin parah jika tidak diimbangi dengan bentuk tindakan penyelamatan lingkungan. Upaya pengembangan dalam pembuatan plastik yang bersifat ramah lingkungan menjadi wujud nyata dalam melestarikan lingkungan tempat tinggal. Penggunaan plastik yang bersifat *biodegradable* dapat mengurangi tingkat penggunaan plastik sintetis yang berbahaya bagi lingkungan.

Analisis ragam pada Anova (lampiran 8) menunjukkan bahwa penambahan gliserol berpengaruh (sig. 0,00<0,05) terhadap ketahanan air *edible film*. Setelah pengujian beda nyata terkecil antara perlakuan didapatkan bahwa konsentrasi gliserol 10% dan 20% berpengaruh nyata terhadap nilai ketahanan air. Komposisi variasi pati-gliserol 80:20 sama dengan komposisi 90:10 tetapi berbeda dengan variasi 100:0 terhadap nilai ketahanan air. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol pada *edible film* dari setiap perlakuan

dapat meningkatkan nilai penyerapan air. Hal ini disebabkan karena ketahanan air berhubungan dengan sifat hidrofilik dari bahan yang digunakan dalam pembuatan *edible film*.

Gliserol memiliki kemampuan untuk mengikat air sehingga dapat meningkatkan daya serap air. Menurut Krochta (1994), *edible film* dengan *plastisizer* gliserol memiliki nilai permeabilitas/ketahanan uap air yang rendah. Hal ini disebabkan karena gliserol memiliki ukuran molekul yang kecil dapat memperkecil ruang bebas antar rantai polimer sehingga memudahkan transfer molekul air.

Penambahan *plastisizer* akan menyebabkan penurunan ikatan hidrogen internal dan peningkatan jarak antar molekuler yang menyebabkan peningkatan permeabilitas *film*. Selain itu, penurunan interaksi molekul dan peningkatan mobilitas akan memfasilitasi perpindahan air. Sehingga semakin tinggi komposisi gliserol yang digunakan dapat meningkatkan permeabilitas air dari *film* yang dihasilkan.

Tabel 4.8 Standart *Edible Film* (JIS, 1975 In Krochta, dkk, 1997).

No	Karakteristik	Nilai	Nilai yang dihasilkan
1	Ketebalan	0,25 mm	0,04 mm - 0,11 mm
2	Kuat Tarik	3,92266 MPa	0,86 MPa - 5,85 MPa
3	Elongasi	Buruk <10% Bagus >50%	4,66% - 20,21%
4	<i>Modulus young</i>	0,35 MPa	0,12 MPa - 1,05 MPa
5	Transmisi uap air	10 g/m <sup>2</sup> h	2,76 g/m <sup>2</sup> h - 5,07 g/m <sup>2</sup> h

Tabel 4.8 menunjukkan nilai perbandingan *edible film* standart JIS (*Japanese Industrial Standart*) dengan nilai yang diperoleh dari hasil penelitian.

Hasil yang diperoleh dari beberapa pengujian pada setiap perlakuan memiliki banyak perbedaan jika dibandingkan dengan nilai standar *edible film* yang ditetapkan. Perlakuan yang hampir mendekati standart JIS (Japanese Industrial Standart) terdapat pada *edible film* dari bonggol eceng gondok dengan penambahan gliserol 90:10 yang memiliki nilai kuat tarik 3,93 MPa, perpanjangan putus 16,13% dan modulus elastisitas 0,24 MPa. Nilai penyerapan air yang dihasilkan merupakan pengukuran yang dilakukan dalam waktu 10 menit, sehingga jika dikonversikan dalam satuan g/m<sup>2</sup>h (per jam) dapat dihitung dengan cara

$$\text{Air} = \frac{W - W_0}{W} \times L \times 6 \quad (4.1)$$

L merupakan luas permukaan sampel *edible film* yang diukur.

*Edible film* yang terbuat dari polimer alami (organik) memiliki tingkat ketahanan yang rendah jika digunakan sebagai bahan pelapis pada makanan. Umur simpan produk yang rendah akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada bahan pangan olahan yang dikemas akibat migrasi bakteri pembusuk yang masuk pada makanan. Pertumbuhan jamur pada lapisan *film* organik tanpa penambahan bahan pengawet alami dapat mempercepat kerusakan bahan pangan sehingga produk tidak dapat bertahan lebih lama. Tabel 4.7 menunjukkan gambar morfologi *edible film* yang diamati selama 14 hari untuk mendeteksi terjadinya pertumbuhan jamur pada lapisan *film*. Pertumbuhan jamur pada lapisan *film* dapat disebabkan karena beberapa faktor seperti lingkungan (kelembapan) dan suhu. Dari hasil pengamatan pada hari pertama sampai pada hari ke empat belas, lapisan *film* yang teramati dalam kondisi baik, tidak muncul adanya pertumbuhan jamur disekitar

area lapisan *film*. Namun, pada hari ke-13 dan ke-14 terdapat pertumbuhan jamur pada lapisan *film* dari semua jenis pati dengan variasi komposisi pati-gliserol 100:0. Asam sitrat yang digunakan sebagai bahan tambahan *edible film* juga berfungsi sebagai bahan antimikroba. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya gugus fungsi C-H pada senyawa asam karboksilat pada daerah bilangan gelombang  $2931\text{ cm}^{-1}$ ,  $2938\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2941\text{ cm}^{-1}$ . Keuntungan bahan aktif antimikroba tersebut dapat meningkatkan daya simpan akibat bakteri pembusuk.

Kombinasi bahan antimikroba dengan pengemas *film* untuk mengendalikan mikroba pada makanan dapat memperpanjang masa simpan (Quintavalla dan Vicini, 2002). Jenis bahan antimikroba yang dapat ditambahkan ke dalam matriks *edible film* antara lain adalah minyak atsiri, rempah-rempah, kitosan. Bahan antimikroba dari senyawa kimia antara lain adalah asam organik seperti asam laktat, asetat, malat, dan sitrat (Campos, *et al.*, 2011).

Bentuk morfologi kemasan *edible film* seperti warna dan tekstur *film* sangat berpengaruh terhadap kenampakan dan penampilan produk yang dikemas. Warna asli dari pati kulit pisang, tongkol jagung, dan enceng gondok yang digunakan mempengaruhi kenampakan asli *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan warna *edible film* sangat bergantung pada warna jenis bahan dasar pembentuk *film* yang digunakan. Kulit pisang dan tongkol jagung yang diproses memiliki warna kecoklatan, sedangkan bonggol enceng gondok cenderung berwarna hijau. Sehingga diperlukan metode *bleaching* untuk menghasilkan lapisan *film* yang lebih jernih dan transparan.

Selain itu ukuran butir yang tidak seragam juga menyebabkan tekstur dari *edible film* yang dibuat kurang menarik yang diakibatkan tidak homogenya butiran pati pada proses pengadukan. Hal ini dikarenakan pati memiliki dua macam struktur kimia dimana amilosa merupakan fraksi terlarut sedangkan amilopektin merupakan fraksi tidak terlarut. Kurang terlarutnya pati menyebabkan terbentuknya endapan yang dihasilkan pada lapisan *edible film*.

*Edible film* yang terbuat dari polisakarida sebagai komponen utamanya, dapat diaplikasikan sebagai pembungkus makanan pada bahan pangan yang resistif terhadap pertukaran gas. Buah-buahan dan sayuran segar sangat rentan terhadap pertukaran gas baik oksigen dan karbon dioksida yang dapat menyebabkan perlambatan penurunan mutu bahan pangan tersebut jika dibiarkan pada ruang udara terbuka. *Edible film* yang terbuat dari bahan pati juga dapat digunakan sebagai bahan pengemas pada sosis untuk mencegah terjadinya perpindahan lemak.

Rasulullah SAW bersabda:

و حَدَّثَنِي يَحْيَى بْنُ أَيُّوبَ وَقُتَيْبَةُ وَابْنُ حُجْرٍ جَمِيعًا عَنْ إِسْمَاعِيلَ بْنِ جَعْفَرٍ قَالَ ابْنُ  
أَيُّوبَ حَدَّثَنَا إِسْمَاعِيلُ قَالَ أَخْبَرَنِي الْعَلَاءُ عَنْ أَبِيهِ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ  
صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَرَّ عَلَى صُبْرَةٍ طَعَامٍ فَأَدْخَلَ يَدَهُ فِيهَا فَتَأَلَّتْ أَصَابِعُهُ بَلَلًا  
فَقَالَ مَا هَذَا يَا صَاحِبَ الطَّعَامِ قَالَ أَصَابَتْهُ السَّمَاءُ يَا رَسُولَ اللَّهِ قَالَ أَفَلَا جَعَلْتَهُ  
فَوْقَ الطَّعَامِ كَمَا يَرَاهُ النَّاسُ مَنْ غَشَّ فَلَيْسَ مِنِّي (روه مسلم)

“Dan telah menceritakan kepada kami Yahya bin Ayyub dan Qutaibah serta Ibnu Hujr semuanya dari Ismail bin Ja'far, Ibnu Ayyub berkata, telah menceritakan kepada kami Ismail dia berkata, telah mengabarkan kepadaku al-Ala' dari bapaknya dari Abu Hurairah bahwa Rasulullah melewati setumpuk makanan, lalu beliau memasukkan tangannya ke dalamnya, kemudian tangan beliau menyentuh sesuatu yang basah, maka pun beliau bertanya: "Apa ini wahai pemilik makanan?" sang pemiliknya menjawab, "Makanan tersebut terkena air hujan

*wahai Rasulullah.” Beliau bersabda: “Mengapa engkau tidak meletakkan bagian yang basah ini di atas hingga manusia dapat melihatnya? Siapa yang menipu maka ia bukan dariku.” (HR. Muslim).*

Hadist di atas dapat menjelaskan bagaimana bahan pangan perlu pengemasan yang tepat guna menghindari terjadinya kontak langsung dengan lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada makanan. Kemasan *edible film* yang terbuat dari pati dapat digunakan sebagai bahan pengemas makanan yang efektif dapat menghambat perpindahan air.



## BAB V PENUTUP

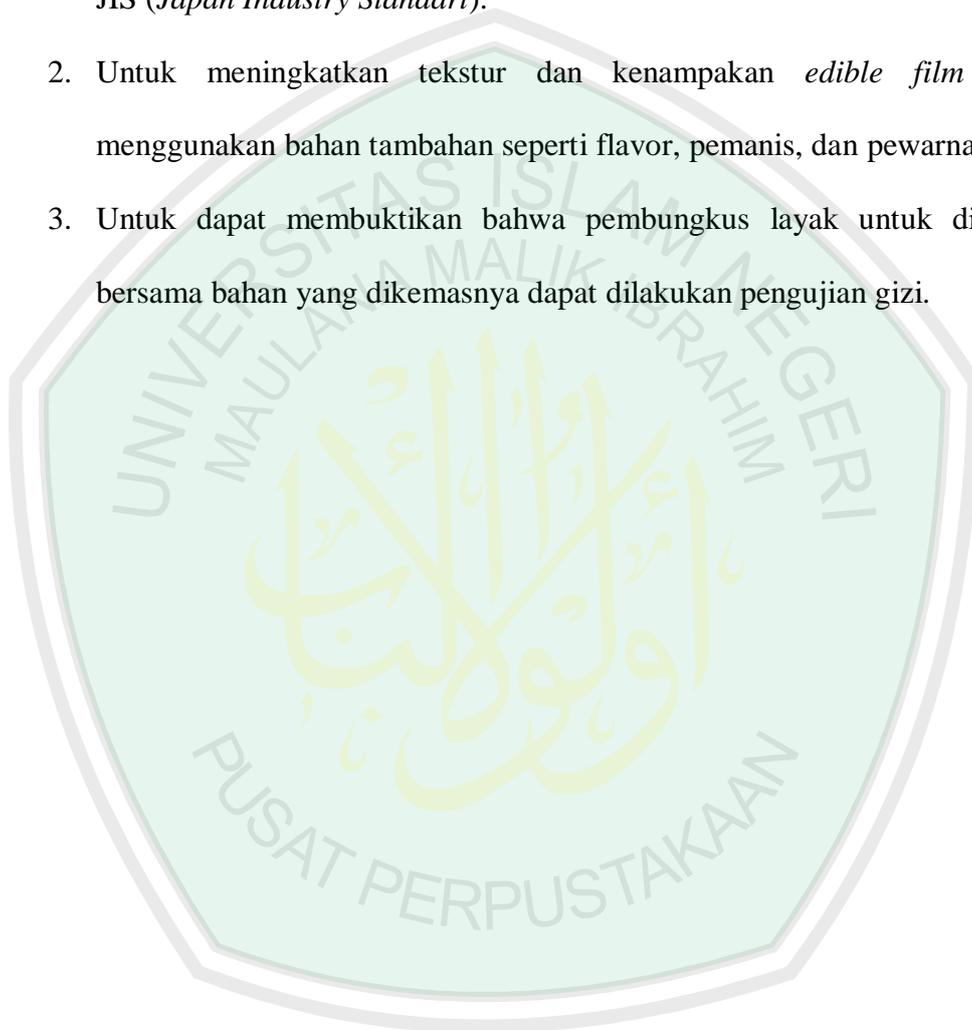
### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Gugus fungsi yang terbentuk pada pati tongkol jagung dengan komposisi 80:20 teridentifikasi gugus OH pada bilangan 3458  $\text{cm}^{-1}$  dan 3338  $\text{cm}^{-1}$ . Dan pada bilangan gelombang 3412  $\text{cm}^{-1}$  dan 3396  $\text{cm}^{-1}$  pada pati kulit pisang dan bonggol eceng gondok dengan perbandingan 90:10. Gugus fungsi C-H, N-H, serta C=O yang merupakan struktur karbohidrat (pati).
2. Penambahan konsentrasi gliserol berpengaruh terhadap sifat mekanik *edible film*. Penggunaan gliserol dapat meningkatkan nilai perpanjangan *film* (elongasi), dan menurunkan nilai kuat tarik dan elastisitas *film*. Pati eceng gondok tanpa penambahan gliserol memiliki nilai kuat tarik dan *modulus young* terbaik yaitu sebesar 5,85 MPa dan 1,05 MPa. Nilai *elongasi* terbaik terdapat pada pati kulit pisang raja dengan konsentrasi 80:20 sebesar 20,21%. Dan nilai penerapan air tertinggi sebesar 78,89% pada jenis pati tongkol jagung tanpa penambahan gliserol.
3. Ketahanan umur simpan *edible film* yang diamati selama 14 hari tidak menunjukkan adanya pertumbuhan jamur pada lapisan *film*. Pertumbuhan jamur terlihat pada lapisan *film* dengan komposisi 100:0 pada hari ke-13 dan ke-14. Penggunaan asam sitrat sebagai antimikroba sangat efektif dapat menghambat kerusakan *film* yang diakibatkan oleh pertumbuhan jamur.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis *plastisizer* sorbitol untuk meningkatkan sifat mekanis *edible film* yang sesuai dengan standart JIS (*Japan Industry Standart*).
2. Untuk meningkatkan tekstur dan kenampakan *edible film* dapat menggunakan bahan tambahan seperti flavor, pemanis, dan pewarna alami.
3. Untuk dapat membuktikan bahwa pembungkus layak untuk dimakan bersama bahan yang dikemasnya dapat dilakukan pengujian gizi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qurtubi, Syaikh Imam. 2009. *Tafsir al-Qurtubi*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Ban, W., Song, J., Argyropoulos, D. S., and Lucia, L. A. 2005. *Improving The Physical And Chemical Functionally Of Starch-Derived Film With Biopolymers*. Journal of Applied Polymer Science 100: 2542-2548.
- Calliester, William. D. 1940. *Material Science and Engineering 8<sup>th</sup>*. United State of America (USA): John Wiley & Sons.Inc.
- Campos, C. A., L. N. Greshenson, and S. K. Flores. 2011. *Development of Edible Film and Coatings With Antimicrobial Activity*. Food Bioprocess Technol. 4: 849-875.
- Chandra, L.H. 2011. *Pengaruh Konsentrasi Tapioka dan Sorbitol Dalam Pembuatan Edible Coating Pada Penyimpanana Buah Melon*. Skripsi .Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Darni, Y., A., Chici, & I.D., Sri. 2008. *Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. Lampung: Universitas Lampung.
- Demam, M.J. 1997. *Kimia Makanan Edisi Kedua*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Dewati, Retno. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. Surabaya: UPN Press.
- Eliasson, A. C. 2004. *Starch in Food. Structure, Function and Application*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Farida. 2012. *Pemanfaatan Serat Enceng Gondok Dan Kitosan Sebagai Bahan Baku Untuk Pembuatan Poly Lactic Acid Sebagai Kemasan Ramah Lingkungan*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Febriyantoro, Ilham. 2015. *Pengaruh Komposisi Pati Kulit Pisang Raja dan Singkong Sebagai Bahan Baku Bioplastik dan Pengukuran Karakteristiknya*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Firdaus, F. 2008. *Sintesis Kemasan Film Ramah Lingkungan dari Komposisi Pati, Kitosan dan Asam Polilaktat Dengan Pmlastis Gliserol*. Yogyakarta: Pusat Sains dan Teknologi Universitas Indonesia.

- Fitria, Vita. 2013. *Karakterisasi Paktin Hasil Ekstraksi dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa Balbisana ABB)*. Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Ghaffar, M. Abdul dan Abu Ihsan Al-Atsari. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Ginting, Adil. 2012. *Pemanfaatan Gliserol dan Turunannya Sebagai Plastisizer Pada Edible Film Gelatin yang Diinkorporasi Dengan Minyak Atsiri Kulit Kayu Manis (Cinnamomum Burmamii) Sebagai Antimikroba*. Disertasi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hikmah, Nurul. 2015. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Ambon (Musa Paradisiacal) Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plastisizer Gliserin*. Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hui, Y. H. 2006. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Volume I*. USA: CRC Press.
- Julianti, Elisa dan Mimi Nurminah. 2006. *Buku Ajar: Teknologi Pengemasan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Krochta, J. M. 1992. *Controll of Mass Transfer in Food With Edible Coatings and Film*. In: Singh, R. P., and M. A Wirakartakusumah (eds). *Advances in Food Engineering*. Florida: CRC Press.
- Krochta, J. M., Baldwin. E. A., and M. O. Nisperos Carriedo. 1994. *Edible Coatings and Film to Improve Food Quality*. United State Of America (USA): Echonomic Publ. Co. Inc.
- Krochta and De Mulder Johnston. 1997. *Edible and Biodegradable Polymer Film: Changes & Oppurtunities*. Food Technology 51.
- Larotonda, F. D. S., K. N. Matsui., and J. B. Laurindo. 2004. *Biodegradable Films Made From Raw and Acetylated Cassava Starch*. Brazilian Arch Biol Technol. 47: 477-484.
- Lies, Suprpti. 2005. *Tepung Tapioka Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Lin, D. And Y. Zhao. 2007. *Innovations In The Development And Application Of Edible Coatings For Fresh And Minimally Processed Fruits And Vegetables*. Comprehensive Food Sci. Food Safety 6(3): 60-75.

- Litbang.2014. *Tongkol Jagung Meningkatkan Bobot Badan 100 Gram per Hari*.<http://peternakan.litbang.pertanian.go.id/english/index.php> (Diakses pada tanggal 24 Januari 2016).
- Lubis, Z. 2012. *Penambahan Kulit Tepung Pisang Raja (Musa paradisiaca) Terhadap Daya Terima Kue Donat*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Maneely, Tim. 2006. *Glycerin Production and Utilization*. United State Of America: University of Idaho.
- Mc. Hught, T. H., and J. M Krochta. 1994. *Sorbitol vs Glycerol Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation*. J. Agric Food Chem 42: 841-845.
- Mukhtar, Muhammad. 2010. *Kerusakan Lingkungan Perspektif al-Quran*. Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Musita, Nanti. 2009. *Kajian Kandungan dan Karakteristik Pati Resisten dari Beberapa Varietas Pisang*. Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian. Bandar Lampung: Balai Riset dan Standarisasi Industri.
- Poedjiadi, A. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Quintavalla, S. and L. Vicini. 2002. *Antimicrobial Food Packaging in Meat Industry*. Meat Sci. 62: 373-380.
- Richana, N. dan Suarni. 2007. *Teknologi Pengolahan Jagung*. In Sumarno et al. *Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. P: 386-409.
- Rodriguez, M. J., Oses, K. Ziani., and J. I. Maste. 2006. *Combined Effect of Plastisizer and Surfactans on The Physical Properties of Starch Based Edible Film*. Food Res. Inc. 39:840-846.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir al-Misbah; Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shofianto, M.E. 2008. *Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sinaga, L. Loisa., Melisa S. R., Mersi Suriani Sinaga. 2013. *Karakteristik Edible Film dari Ekstrak Kacang Kedelai dengan Penambahan Tepung Tapioka*

*dan Gliserol Sebagai Bahan Pengemas Makanan*. Jurnal Teknik Kimia. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Smallman, R. E and R. J. Bishop.2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*.Alih Bahasa: S. Djaprie, Edisi Ke Enam. Jakarta: Erlangga.
- Soeprijanto, Tianika Ratnaningsih dan Ira Prasetyaningrum.2008.*Biokonversi Selulose Dari Limbah Tongkol Jagung Menjadi Glukose Menggunakan JamurAspergillus Niger*. Jurnal Purifikasi: Jurnal Teknologi dan Manajemen. 9(2),105-114.
- Stevans, M. P. 2007. *Kimia Polimer*. Alih Bahasa: Iis Supyan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Susanti, Lina. 2006. *Perbedaan Penggunaan Jenis Kulit Pisang Terhadap Kualitas Nata Dengan Membandingkan Kulit Pisang Raja Nangka,Ambon Kuning Dan Kepok Putih Sebagai Bahan Baku*. Tugas Akhir.Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Suseno, Jatmiko Endro dan Firdausi, K. Sofjan. 2008. *Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi*.Berkala Fisika Volume 11, Nomor 1, ISSN: 1410-9662.
- Taggart.P. 2004.*Starch as an Ingredients: Manufacture and Aplication*. In: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function and Aplication*. Florida: CRC Press.
- Wahyu, K. Maulana. 2009. *Pemanfaatan Pati Singkong Sebagai Bahan Baku Edible Film*.Karya Tulis Ilmiah. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Wardah, Inayatul. 2014. *Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung dan Enceeng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable*.Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim
- Watson, David G. 2009. *Analisis Farmasi: Buku Ajar Untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia Farmasi*. Jakarta: EGC.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*.Jakarta: Gramedia.
- Wittaya, T. 2013. *Influence of Type and Concentration of Plastisizer on The Properties of Edible Film From Mung Bean Proteins*. Vol 13: 51-58.

Yusmarlela.2009. *Studi Pemanfaatan Plastisizer Gliserol Dalam Film Pati Ubi Dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu*.Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara.





# LAMPIRAN

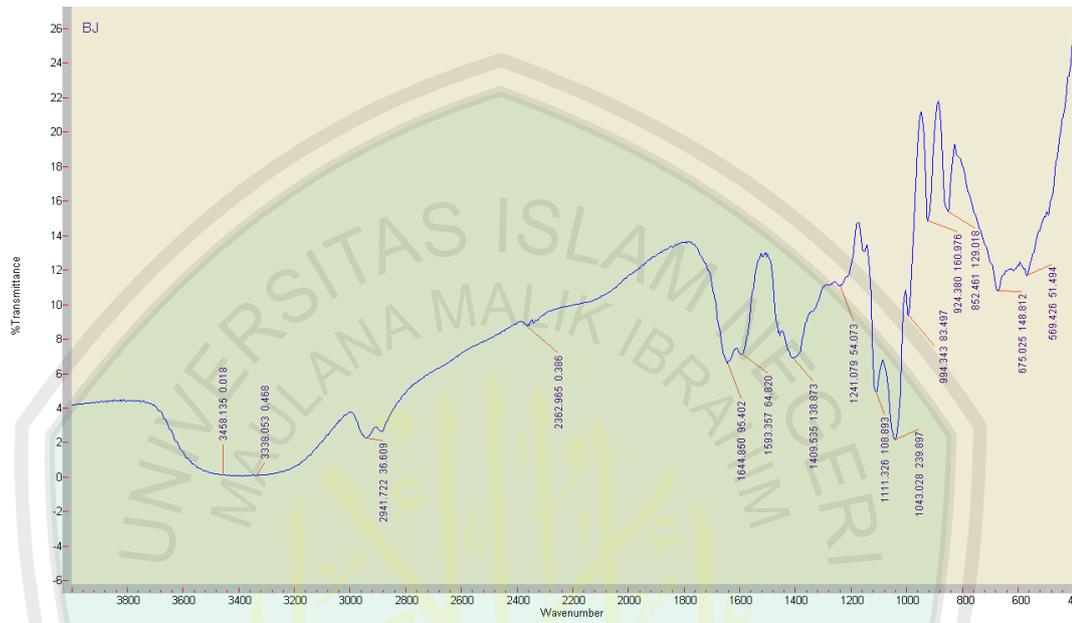
## Lampiran 1

### Dokumentasi Foto

 <p>(Kulit Pisang)</p>	 <p>(Perendaman pada sodium bisulfate)</p>	 <p>(Pengendapan pati enceng gondok)</p>
 <p>(Pengendapan pati tongkol jagung)</p>	 <p>(Endapan pati enceng gondok)</p>	 <p>(Penyaringan)</p>
 <p>(<i>Edible film</i>)</p>	 <p>(Uji ketahanan air)</p>	 <p>(Mikroskop digital)</p>
 <p>(Pengadukan dan pemanasan)</p>	 <p>(Uji umur simpan)</p>	 <p>(Uji kuat tarik)</p>

## Lampiran 2

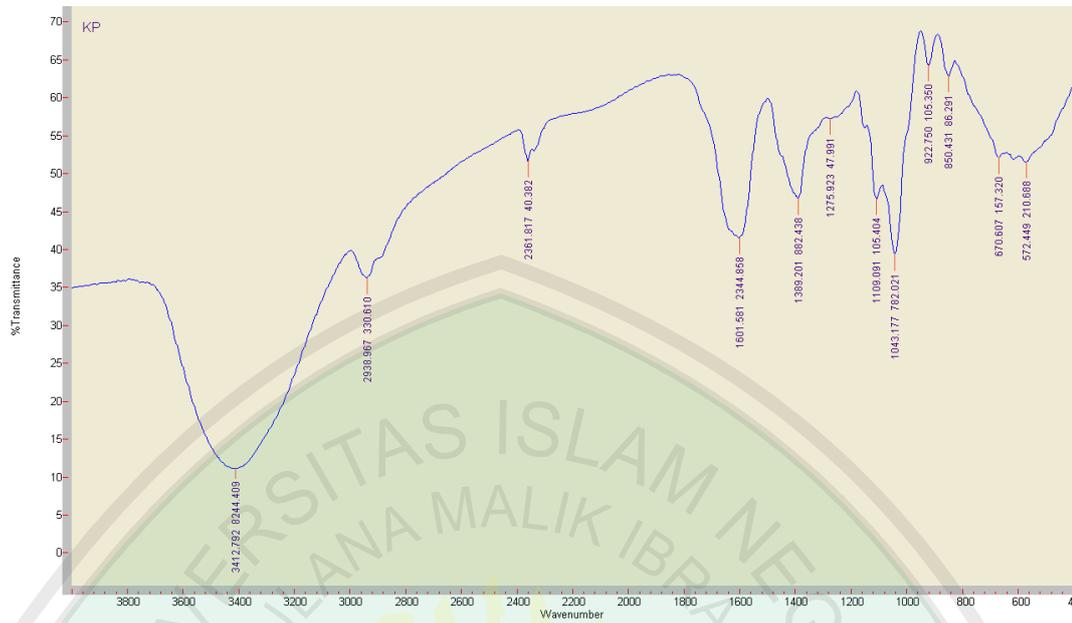
### Data Hasil Uji FTIR



Data FTIR *edible film* dari pati tongkol jagung dengan komposisi pati-gliselerol 80:20



Data FTIR *edible film* dari pati enceng gondok dengan komposisi pati-gliselerol 90:10



Data FTIR *edible film* dari pati kulit pisang raja dengan komposisi pati-gliserol 90:10

### Lampiran 3

#### Data Hasil Uji Tarik

Sample	Tebal ( $\mu\text{m}$ )			Panjang (mm)		Gaya (N)	Waktu (s)
	1	2	3	Awal	Akhir		
KP 100%	152	147	137	11.5	12.8	3.76	6.28
	124	104	104	11.6	11.95	1.96	2.14
	94.7	84.7	96.3	11.55	12.15	4.88	4.3
BJ 100%	22.6	23.9	26.3	11.9	12.5	0.39	4.03
	65.8	64.9	67.8	11.75	12.3	0.63	3.46
	42.2	37.4	44	11.7	12.2	0.25	3.57
EG 100%	103	121	113	12.1	13.5	4.56	8.45
	54.8	81.8	55.4	11.75	12	4.47	1.88
	57.2	53.3	56.5	11.75	12.1	3.64	2.51
KP 90%	47.8	59.9	51.2	11.7	13.5	1.39	10.59
	66.5	74.9	80.6	12.1	14	1.89	10.46
	129	81.8	123	11.7	13.7	2.34	10.56
BJ 90%	63.6	70.1	62.8	11.8	12.5	0.7	4.4
	55.1	66.6	59.1	11.9	12.4	0.39	3.15
	44.6	36.7	35.8	11.55	12.2	0.83	4.34
EG 80%	62	49	40.5	12	13.9	1.77	9.16
	38.4	49.3	53	11.95	13.65	2.38	8.87
	48.9	55.4	59.9	12	14.2	1.79	11.35
KP 80%	127	83.51	96.7	11.65	13.58	2.52	10.78
	117	74.4	71.5	11.8	14.3	1.76	12.06
	134	81.2	87.6	11.8	14.5	2.6	12.52
BJ 80%	58.7	54.8	47.9	11.7	12.2	0.41	2.83
	50.8	26.5	27.9	11.7	12.1	0.2	3.47
	48.8	74.8	52.1	11.65	12.4	0.73	3.9
EG 80%	90	93.2	110	11.8	14	1.72	10.15
	87.2	68.4	71.2	11.6	13.4	1.8	6.9
	54.6	75.8	40.3	11.8	13.7	1.91	8.77

## Lampiran 4

### Data Hasil Uji *Swelling*

Variasi	Pati	W <sub>0</sub> (gram)			W (gram)		
100% dan 0%	KP	0.0256	0.022	0.0295	0.0954	0.0753	0.102
	TJ	0.0133	0.0123	0.0208	0.0762	0.0796	0.0684
	EG	0.0108	0.0105	0.0103	0.0336	0.0458	0.0438
90% dan 10%	KP	0.0321	0.0403	0.0308	0.0725	0.0914	0.0932
	TJ	0.0293	0.0292	0.0301	0.0903	0.0943	0.1085
	EG	0.0372	0.0334	0.0436	0.0793	0.0703	0.0871
80% dan 20%	KP	0.0744	0.0813	0.0516	0.1441	0.1893	0.1516
	TJ	0.0253	0.0215	0.028	0.1031	0.0828	0.0971
	EG	0.0415	0.0503	0.0413	0.1067	0.0944	0.1061



## Lampiran 5

### Data Statistika Anova Kuat Tarik

## Univariate Analysis of Variance

### Between-Subjects Factors

	N
Komposisi	1.00
	2.00
	3.00
Jenis	1.00
	2.00
	3.00
Ulangan	1.00
	2.00
	3.00

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	245.849(a)	11	22.350	24.291	.000
Komposisi	9.879	2	4.940	5.369	.016
Jenis	41.208	2	20.604	22.393	.000
Ulangan	2.496	2	1.248	1.357	.286
Komposisi * Jenis	8.809	4	2.202	2.393	.094
Error	14.721	16	.920		
Total	260.571	27			

a. R Squared = .944 (Adjusted R Squared = .905)

## Post Hoc Tests

### Komposisi

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Komposisi	N	Subset	
		1	2
3.00	9	1.8989	
2.00	9	2.5444	2.5444
1.00	9		3.3767
Sig.		.173	.084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .920.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

### Jenis

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Jenis	N	Subset		
		1	2	3
2.00	9	1.0656		
1.00	9		2.6644	
3.00	9			4.0900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .920.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

## Lampiran 6

### Data Statistika Anova Elongasi

## Univariate Analysis of Variance

### Between-Subjects Factors

	N	
Komposisi	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
Jenis	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
Ulangan	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4077.411(a)	11	370.674	53.532	.000
Komposisi	356.552	2	178.276	25.746	.000
Jenis	458.455	2	229.228	33.105	.000
Ulangan	24.998	2	12.499	1.805	.196
Komposisi * Jenis	177.979	4	44.495	6.426	.003
Error	110.790	16	6.924		
Total	4188.200	27			

a. R Squared = .974 (Adjusted R Squared = .955)

## Post Hoc Tests

### Komposisi

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Komposisi	N	Subset	
		1	2
1.00	9	5.5700	
2.00	9		12.4800
3.00	9		13.8844
Sig.		1.000	.274

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.924.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

### Jenis

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Jenis	N	Subset	
		1	2
2.00	9	4.8756	
3.00	9		12.8178
1.00	9		14.2411
Sig.		1.000	.268

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.924.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

## Lampiran 7

### Data Statistika Anova *Modulus Young*

## Univariate Analysis of Variance

### Between-Subjects Factors

Notes

		N
Komposisi	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
Jenis	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
Ulangan	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	10.680(a)	7	1.526	4.185	.005
Komposisi	3.344	2	1.672	4.586	.023
Jenis	1.692	2	.846	2.321	.124
Ulangan	.669	2	.335	.918	.416
Error	7.291	20	.365		
Total	17.971	27			

a. R Squared = .594 (Adjusted R Squared = .452)

## Post Hoc Tests

### Komposisi

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Komposisi	N	Subset	
		1	2
3.00	9	.1489	
2.00	9	.2133	
1.00	9		.9256
Sig.		.823	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .365.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

### Jenis

#### Homogeneous Subsets

data

Duncan

Jenis	N	Subset
		1
2.00	9	.2122
1.00	9	.2956
3.00	9	.7800
Sig.		.072

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .365.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

## Lampiran 8

### Data Statistika Anova Ketahanan Air

## Univariate Analysis of Variance

### Notes

#### Between-Subjects Factors

	N
Komposisi	1.00
	2.00
	3.00
Jenis	1.00
	2.00
	3.00
Ulangan	1.00
	2.00
	3.00

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	119213.739(a)	11	10837.613	306.728	.000
Komposisi	1105.750	2	552.875	15.648	.000
Jenis	929.341	2	464.670	13.151	.000
Ulangan	25.104	2	12.552	.355	.706
Komposisi * Jenis	198.152	4	49.538	1.402	.278
Error	565.327	16	35.333		
Total	119779.066	27			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

## Post Hoc Tests

### Komposisi

#### Homogeneous Subsets

##### Data

Duncan

Komposisi	N	Subset	
		1	2
2.00	9	60.3280	
3.00	9	62.3266	
1.00	9		74.7919
Sig.		.486	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 35.333.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

### Jenis

#### Homogeneous Subsets

##### Data

Duncan

Jenis	N	Subset	
		1	2
3.00	9	60.6481	
1.00	9	62.7775	
2.00	9		74.0209
Sig.		.458	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 35.333.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.