



**KOMPARASI ANTARA KARAKTERISTIK
BIOPLASTIK PATI KULIT LABU KUNING-KITOSAN
DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL MURNI DAN
GLISEROL DARI MINYAK JELANTAH**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Oleh

Aya Sofia

4311413083

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 16 Maret 2017



Aya Sofia

4311413083

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 16 Maret 2017

Pembimbing I,



Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si
NIP.196904041994021001

Pembimbing II,



Ella Kusumastuti, S.Si., M.Si
NIP.198212142009122004

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Komparasi antara Karakteristik Bioplastik Pati Kulit Labu Kuning-Kitosan
dengan Penambahan Gliserol Murni dan Gliserol dari Minyak Jelantah

disusun oleh

Nama : Aya Sofia

NIM : 4311413083

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas
Negeri Semarang pada tanggal 27 Maret 2017.

Panitia:

Ketua



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.
NIP. 196412231988031001

Ketua Penguji

Dr. Sri Mursiti, M.Si
NIP.196709131999032001

Anggota Penguji/
Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, belonging to Agung Tri Prasetya.

Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si
NIP.196904041994021001

Sekretaris

A handwritten signature in black ink, belonging to Dr. Nanik Wijayati.

Dr. Nanik Wijayati, M.Si
NIP.196910231996032002

Anggota Penguji/
Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, belonging to Ella Kusumastuti.

Ella Kusumastuti, S.Si., M.Si
NIP.198212142009122004

MOTTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, dan apabila engkau telah selesai dari suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain

(Q.S. Al Insyirah)

Kita tidak memerlukan harta untuk menambah kecantikan, kecantikan jauhari ada di sini, di dalam hati dia bersinar

(Kun Anta-Humood Al Khudher)

PERSEMBAHAN

Untuk Fuad Muttaqid Alba, Albirr
Aqya Bassamah, Bapak Kurnaedi,
Almh. Ibu Masruhah, dan keluarga
besarku yang setia menanti di
rumah

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Komparasi antara Karakteristik Bioplastik Pati Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Penambahan Gliserol Murni dan Gliserol dari Minyak Jelantah.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,
2. Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,
3. Dr. Sri Mursiti, M.Si, selaku dosen penguji utama yang telah memberikan masukan, pengarahan, dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi,
4. Agung Tri Prasetya, S.Si.,M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah membagikan ilmu, memberikan petunjuk, dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga Skripsi ini dapat selesai dengan baik,
5. Ella Kusumastuti, S.Si.,M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan masukan dan bimbingan, sehingga Skripsi ini dapat menjadi lebih baik,
6. Pihak lain yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan semuanya.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan pengetahuan bagi perkembangan pengetahuan dalam penelitian selanjutnya.

Semarang, Maret 2017

Penulis

ABSTRAK

Sofia, A. 2017. *Komparasi antara Karakteristik Bioplastik Pati Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Penambahan Gliserol Murni dan Gliserol dari Minyak Jelantah*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Ella Kusumastuti, S.Si, M.Si.

Kata kunci: Bioplastik, kulit labu kuning, gliserol.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi banyaknya limbah plastik, seperti pembuatan plastik *biodegradable* (bioplastik). Bioplastik disintesis dengan menggunakan pati sebagai bahan utama. Penggunaan limbah kulit labu kuning (*Curcubita sp*) sebagai sumber pati perlu dilakukan untuk mengurangi pencemaran limbah domestik di daerah industri geplak waluh Getasan, Kabupaten Semarang. Kitosan dan gliserol digunakan sebagai pencampur untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik. Gliserol hasil samping industri biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai *plasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik bioplastik yang dibuat dengan penambahan gliserol murni dan gliserol minyak jelantah. Gliserol hasil transesterifikasi minyak jelantah digunakan sebagai *plasticizer* bioplastik dengan variasi penambahan 15, 30, dan 60% (b/b pati). Bioplastik diuji kuat tarik, persen *elongasi*, elastisitas, daya serap air, sifat biodegradabilitas dan gugus fungsi.

Hasil perbandingan karakteristik bioplastik pati kulit labu kuning-kitosan dengan variasi penambahan gliserol minyak jelantah 15, 30 dan 60%, didapatkan komposisi terbaik dengan penambahan gliserol minyak jelantah 15%. Bioplastik tersebut memiliki nilai kuat tarik 1,73 MPa, *elongasi* 11,14%, elastisitas 0,15 MPa, dan daya serap air yang sesuai SNI (21,5% pada suhu 25°C dan 69,09% pada suhu 100°C), tetapi persen degradabilitasnya masih tergolong rendah, yakni 30,76% dalam 10 hari dan belum memenuhi SNI. Apabila dibandingkan dengan bioplastik-gliserol murni 15% sifat mekaniknya hampir sama (kuat tarik 1,95 MPa, *elongasi* 12,66%, dan elastisitas 0,18 MPa), meskipun daya serap airnya lebih tinggi dan tidak memenuhi SNI (383% pada suhu 25°C dan 727,73% pada suhu 100°C), akan tetapi bioplastik-gliserol murni memiliki persen degradabilitas yang lebih baik dan mendekati SNI (52,82% dalam 10 hari).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii

BAB I

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4

BAB II

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Sampah Plastik	6
2.2 Bioplastik	7
2.3 Kulit Labu Kuning (<i>Curcubita sp</i>).....	8
2.4 Kitosan	10
2.5 Minyak Jelantah	12
2.6 Pembuatan Biodiesel.....	12
2.7 <i>Plasticizer</i> Gliserol.....	14

2.8 Penelitian Terkait	15
2.9 Karakterisasi Gliserol	18
2.10 Karakterisasi Pati	18
2.11 Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR.....	19
2.12 Uji Mekanik Bioplastik.....	20
2.13 Uji Bio-Degradabilitas	22

BAB III

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Variabel Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25

BAB IV

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Pati Kulit Labu Kuning.....	36
4.2 Karakterisasi Serbuk Pati Kulit Labu Kuning	37
4.3 Sintesis Gliserol dengan Metode Transesterifikasi	39
4.4 Karakterisasi Gliserol Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah.....	40
4.5 Sintesis Bioplastik Tanpa Gliserol	42
4.6 Sintesis Bioplastik dengan Gliserol Murni dan Gliserol Minyak Jelantah	43
4.7 Perbandingan Sifat Mekanik Antara Bioplastik Gliserol Murni dengan Bioplastik Gliserol Minyak Jelantah	44
4.8 Perbandingan Sifat Daya Serap Air Antara Bioplastik Gliserol Murni dengan Bioplastik Gliserol Minyak Jelantah	48
4.9 Perbandingan Sifat Biodegradabilitas Antara Bioplastik Gliserol Murni dengan Bioplastik Gliserol Minyak Jelantah	51

4.10 Perbandingan Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR Antara Bioplastik Gliserol Murni dengan Bioplastik Gliserol Minyak Jelantah	53
--	----

BAB V

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	57
5.2 Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA	59
-----------------------------	----

LAMPIRAN	63
-----------------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel

2.1 Komposisi sampah plastik	6
2.2 Komposisi kulit labu kuning per 100 g bahan	9
2.3 Sifat dan mutu kitosan.....	11
2.4 Serapan FT-IR karakteristik kitin dan kitosan	20
3.1 Komposisi bahan dalam sintesis bioplastik dengan penambahan gliserol.....	29
3.2 Penentuan glukosa dengan metode <i>Luff-Schoorl</i>	31
4.1 Kandungan serbuk pati kulit labu kuning	38
4.2 Hasil GC-MS <i>crude</i> gliserol minyak jelantah.....	41
4.3 Ketebalan bioplastik.....	50
4.4 Hasil analisis gugus fungsi bioplastik menggunakan FT-IR.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1 Labu kuning (<i>Curcubita sp</i>).....	8
2.2 Struktur amilosa dan amilopektin pada pati.....	10
2.3 Struktur kitosan	11
3.1 Susunan alat refluks	26
4.1 Kulit labu kuning dan serbuk pati kulit labu kuning	37
4.2 Hasil reaksi transesterifikasi minyak jelantah dengan natrium metoksida	39
4.3 Grafik <i>peak</i> gliserol hasil analisis GC-MS	41
4.4 Bioplastik tanpa gliserol.....	42
4.5 Bioplastik dengan penambahan gliserol.....	43
4.6 Grafik perbandingan kekuatan tarik, elongasi, dan elastisitas dari bioplastik.....	45
4.7 Usulan interaksi hidrogen antar molekul amilosa, amilopektin dan kitosan dalam <i>edible film</i>	46
4.8 Usulan interaksi hidrogen antar molekul pati- kitosan dengan penambahan gliserol dalam <i>edible film</i>	46
4.9 Grafik persen daya serap air suhu kamar dan suhu ekstrim pada bioplastik.....	49
4.10 Perbandingan analisis visual degradasi bioplastik	51
4.11 Grafik perbandingan persen terdegradasi bioplastik.....	52
4.12 Spektrum FT-IR serbuk pati dan kitosan	54
4.13 Spektrum FT-IR bioplastik pati kulit labu kuning-kitosan	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Pembuatan Larutan.....	63
2. Preparasi dan Karakterisasi Pati Kulit Labu Kuning	64
3. Sintesis Gliserol	65
4. Sintesis Bioplastik.....	66
5. Analisis Kadar Pati Total dengan AOAC 1970, dan Metode <i>Luff</i> <i>Schoorl</i>	70
6. Analisis Kadar Air dengan Metode AOAC 1995	71
7. Uji Ketebalan	71
8. Uji Daya Serap	71
9. Uji Degradabilitas	72
10. Hasil Karakterisasi Pati Kulit Labu Kuning.....	73
11. Spesifikasi Kitosan.....	75
12. Hasil Analisis FT-IR	76
13. Hasil Uji Daya Serap Air pada Bioplastik	86
14. Hasil Uji Ketebalan Bioplastik.....	90
15. Hasil Uji Degradabilitas Bioplastik	91
16. Hasil Uji Mekanik Bioplastik	92
17. Dokumentasi Penelitian	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan plastik sebagai bahan pengemas di Indonesia mencapai mencapai 4 juta ton pada tahun 2013 lalu (Johan, 2016). Plastik digunakan sebagai bahan pengemas dikarenakan sifatnya yang fleksibel, kuat, ekonomis, dan bersifat tahan terhadap oksigen, uap air, dan karbondioksida.

Di samping keunggulan tersebut, polimer plastik juga mempunyai berbagai kelemahan, yaitu plastik yang berasal dari minyak bumi jumlahnya semakin terbatas dan sifatnya yang tidak mudah didegradasi meskipun telah ditimbun puluhan tahun, akibatnya terjadi penumpukan limbah plastik yang menjadi penyebab pencemaran lingkungan (Wini, *et al.*, 2013).

Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi limbah plastik, seperti daur ulang plastik, dan pembuatan plastik *biodegradable* (bioplastik) dari bahan dasar yang mudah diurai. Bioplastik disintesis dengan menggunakan pati sebagai bahan utama. Pati merupakan suatu polimer larut air (hidrokoloid) yang mampu membentuk gel, selain itu pati mudah didapat, harganya murah, serta jenisnya beragam di Indonesia. Menurut Darni, *et al.*, (2010), pati digunakan karena merupakan bahan yang dapat dengan mudah didegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan.

Beberapa penelitian bioplastik, maupun *edible film* telah banyak dilakukan, salah satunya penelitian tentang bioplastik yang dibuat dengan menggunakan pati sukun dengan penambahan sorbitol (Wini, *et al.*, 2013). Bioplastik yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan daya serap air yang belum baik, yakni kuat tarik sebesar 16,34 Mpa dan daya serap airnya 212,98%. Sifat mekanik bioplastik dapat dipengaruhi oleh pati yang digunakan, kadar pati yang terdapat pada sukun cukup tinggi sekitar 76,39%.

Pengolahan limbah kulit labu kuning perlu dilakukan untuk mengurangi pencemaran limbah domestik di daerah industri geplak waluh. Penggunaan limbah kulit labu kuning (*Curcubita sp*) sebagai sumber pati dalam pembuatan bioplasatik dikarenakan jumlah limbah yang melimpah di daerah industri geplak waluh Getasan, Kabupaten Semarang, yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Pati tersusun dari dua macam polisakarida, yakni amilosa dan amilopektin. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket (Fessenden, 1982). Kadar amilopektin yang tinggi dapat mempermudah proses gelatinisasi pati karena dapat menurunkan kelarutan pati di dalam air, sehingga pati hanya dapat mengembang dalam air panas yang dibutuhkan dalam proses gelatinisasi pati (Wini, *et al.*, 2013).

Kadar air pada pati juga mempengaruhi kualitas pati itu sendiri. Semakin sedikit kadar airnya maka kualitas pati semakin baik untuk digunakan sebagai bahan bioplastik. Kadar air yang tinggi dapat mempermudah tumbuhnya mikroorganisme, seperti jamur yang dapat mengurangi kualitas pati. Selain itu kadar pati dapat mempengaruhi viskositas saat pembuatan bioplastik (Wini, *et al.*, 2013).

Bioplastik yang dibuat dengan pati kulit labu kuning diharapkan sifat mekaniknya bertambah jika dikombinasikan dengan kitosan dan gliserol. Kitosan digunakan sebagai biopolimer untuk meningkatkan sifat mekanik karena dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai dengan amilosa dan amilopektin dalam pati (Wini, *et al.*, 2013). Selain itu kitosan merupakan turunan kitin, polisakarida paling banyak di bumi setelah selulosa, bersifat hidrofobik serta dapat membentuk *film* dan membran dengan baik (Elsabee, *et al.*, 2013).

Penambahan gliserol dapat menambah elastisitas dan menghasilkan *edible film* yang lentur. Menurut Arvannitoyannis (dalam Basuki, *et al.*, 2014) gliserol berfungsi sebagai pengikat air dan akan meningkatkan kekompakan jaringan matriks *edible film* sehingga *edible film* yang dihasilkan memiliki daya tembus uap air yang rendah.

Penelitian bioplastik terdahulu, seperti yang telah dilakukan oleh Wini, dkk (2013) masih menggunakan gliserol *pro analyst* yang harganya mahal. Hal ini menjadikan alasan bagi peneliti untuk memanfaatkan gliserol dari hasil samping industri biodiesel, salah satunya dengan

menjadikannya sebagai *plasticizer* untuk menambah elastisitas dari bioplastik itu sendiri.

Pada penelitian ini akan membandingkan karakteristik dari bioplastik yang dibuat dengan penambahan gliserol murni 99% (*pro analyst*) dan gliserol hasil samping biodiesel dari minyak jelantah (gliserol total dan gliserol bebas).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan sifat mekanik (kekuatan tarik, perpanjangan, dan elastisitas), sifat kimia (daya serap air) dan sifat *biodegradable* dari bioplastik pati kulit labu kuning-kitosan yang ditambah *plasticizer* gliserol murni (*pro analyst*) dengan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbedaan sifat fisik dan kimia antara bioplastik yang terbuat dari pati kulit labu kuning-kitosan yang ditambah *plasticizer* gliserol murni (*pro analyst*) dengan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel.

1.4 Manfaat

Manfaat hasil penelitian ini adalah sebagai salah satu referensi terutama di bidang industri untuk mengembangkan *biodegradable* plastik (plastik ramah lingkungan) sebagai kemasan pengganti plastik sintetis dengan pemanfaatan limbah hasil biodiesel dan limbah industri geplak waluh, sebagai upaya untuk meningkatkan nilai ekonomis limbah kulit labu kuning dan sebagai solusi

untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah plastik yang sulit terurai.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Plastik

Sampah plastik merupakan salah satu limbah padat yang diproduksi setiap tahun di seluruh dunia. Plastik terbentuk dari monomer-monomer yang dipolimerisasi dengan mekanisme radikal bebas (Ermawati, 2011). Penelitian yang dilakukan Vasile (2002) sampah plastik memiliki komposisi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi sampah plastik

Komponen plastik	Jumlah (%)
<i>polyethylene</i> (HDPE dan LDPE)	46
<i>polypropylen</i> (PP)	16
<i>polystyrene</i> (PS)	16
<i>polyvinyl chloride</i> (PVC)	7,0
<i>polyethylene terephthalate</i> (PET)	5,0
<i>acrylonitrile-butadiene-styrene</i> (ABS)	5,0
<u>polimer-polimer yang lainnya</u>	<u>5,0</u>

Plastik yang banyak terdapat di masyarakat berasal dari bahan *polyethylene*. Di pasaran, terdapat dua jenis plastik *polyethylene*, yaitu jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) dan LDPE (*Low Density Polyethylene*). *Polyethylene* jenis HDPE banyak dijumpai sebagai bahan pengemas untuk botol plastik minuman, sedangkan LDPE digunakan sebagai bahan baku pembuatan kantong plastik.

Sampah plastik ini bersifat *non biodegradable* atau tidak dapat terurai oleh mikroorganisme (Sumarni, *et al.*, 2008). Sampah plastik dapat menimbulkan dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan berupa penumpukan sampah plastik.

2.2 Bioplastik

Plastik *biodegradable* atau bioplastik merupakan jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui. Ungkapan plastik *biodegradable* merujuk pada serangan mikroorganisme pada material berbasis polimer yang tidak larut dalam air, sehingga mikroorganisme tidak mampu berpindah dalam material polimer secara langsung ke dalam sel sebagai tempat sebagian besar proses biokimia (Sharma, *et al.*, 2011).

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat plastik *biodegradable* adalah senyawa-senyawa yang terdapat pada tanaman seperti selulosa, pati, dan lignin, serta pada hewan seperti kasein, protein, dan lipid (Darni, *et al.*, 2010). Bahan-bahan inilah yang menyebabkan bioplastik mudah terurai. Plastik *biodegradable* akan mengalami dekomposisi menjadi karbondioksida, metana, dan senyawa organik lainnya, berbeda dengan plastik pada umumnya yang jika terbakar akan menghasilkan gas *dioksim* yang berbahaya (Huda, *et al.*, 2007).

Komponen utama penyusun bioplastik ada tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit. Pati merupakan salah satu contoh dari bahan hidrokoloid penyusun bioplastik. Pati sering digunakan dalam pembuatan bioplastik untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui dan memberikan karakteristik fisik yang baik.

2.3 Kulit Labu Kuning (*Curcubita sp*)

Tanaman labu kuning merupakan suatu jenis tanaman sayuran menjalar dari famili *Cucurbitaceae*, yang tergolong dalam jenis tanaman semusim yang setelah berbuah akan langsung mati. Tanaman labu kuning ini telah banyak dibudidayakan di negara-negara Afrika, Amerika, India dan Cina. Tanaman ini dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi. Adapun ketinggian tempat yang ideal adalah kurang dari 1500 m di atas permukaan laut (Hendrasty, 2003).

Labu kuning atau *Curcubita sp* (Gambar 2.1) dapat tumbuh dengan baik di Indonesia dan ketersediaannya sangat melimpah.



Gambar 2.1 Labu kuning (*Curcubita sp*).

Klasifikasi ilmiah labu kuning :

Divisi : *Spermatophyta*

Sub divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Dicotyledonae*

Ordo : *Cucurbitales*

Familia : *Cucurbitaceae*

Genus : *Cucurbita*

Spesies : *Cucurbita sp*

Warna kuning pada buah labu ini diakibatkan oleh kandungan beta-karoten yang bermanfaat untuk pertumbuhan, pemeliharaan jaringan tubuh, penglihatan, reproduksi, perkembangan janin serta mengurangi resiko timbulnya penyakit kanker hati (Keller, 2001). Buah labu kuning sangat bermanfaat karena kandungan gizinya yang tinggi (Tabel 2.2).

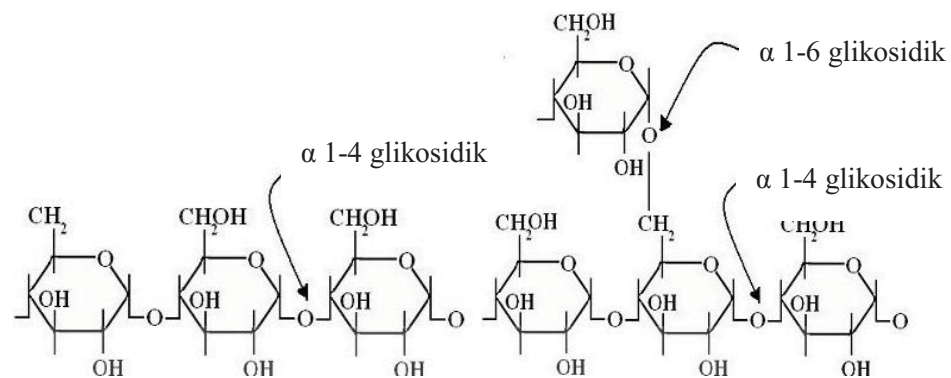
Tabel 2.2 Komposisi kulit labu kuning per 100 gram bahan

Komponen (%)	Jumlah
Air	90,26
Abu	0,81
Protein	1,64
Serat	3,21
Lemak	0,04
Karbohidrat	4,05
Kalsium	0,062
Magnesium	0,005
Asam askorbat	0,005
Gula total	3,33

Sumber : Abdella (2008).

Di wilayah tertentu seperti Getasan, labu kuning banyak diolah menjadi makanan seperti keripik, geplak, dodol, opak, dan sebagainya. Kulit labu kuning merupakan bagian dari buah labu kuning yang tidak dapat dikonsumsi, kulit labu kuning berwarna kuning-oranye dengan tekstur yang keras dan kaku.

Pati yang merupakan karbohidrat pada kulit labu kuning dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik. Pati mengandung amilosa dan amilopektin, struktur kimia dari pati dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Struktur amilosa dan amilopektin pada pati.

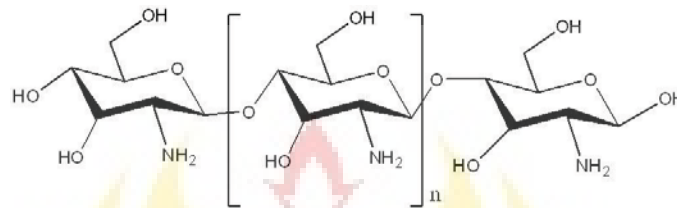
Salah satu komponen yang terdapat pada kulit labu kuning adalah pektin, karbohidrat yang dihasilkan berkisar antara 4,05% dan pektin berkisar 0,25% (Abdella, 2008).

2.4 Kitosan

Kitosan adalah suatu biopolimer dari D-glukosamin yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin. Kitosan dapat diperoleh dari bahan alam yang mengandung kitin seperti cangkang udang, cangkang kepiting, kerang, dan lain sebagainya. Kitosan mudah larut dalam asam organik seperti asam formiat, asam asetat, dan asam sitrat (Rahayu, 2007).

Tahapan yang dilalui pada proses pembuatan kitosan antara lain proses deproteinasi (penghilangan protein), demineralisasi (penghilangan mineral), dan depigmentasi (penghilangan zat warna atau pemutihan) hingga terbentuk kitin. Tahap selanjutnya adalah proses deasetilasi kitin berupa penghilangan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) pada gugus asetil amino kitin menjadi gugus amino bebas kitosan dengan menggunakan larutan basa hingga diperoleh biopolimer kitosan. Larutan basa konsentrasi tinggi seperti NaOH 50% dapat digunakan untuk deasetilasi kitin

sehingga dapat memutuskan ikatan yang kuat antara ion nitrogen dan gugus karboksil (Nurhayati, *et al.*, 2011). Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur kitosan (Wini, *et al.*, 2013).

Kitosan murni umumnya bersifat kohesif, kompak, dan memiliki lapisan yang mulus tak berpori dan retak (Skurtys, *et al.*, 2009). Karakteristik mutu kitosan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat dan mutu kitosan

Parameter pengamatan	Nilai
Ukuran partikel	Serpihan bubuk <2 mm
Kadar air	<10,00 %
Kadar abu	<2,00 %
Protein	-
Derajat deasetilasi	≥70 %
Bau	Tidak berbau
Warna	Jernih/ putih
Viskositas	Rendah : < 200 cps Medium : 200-799 cps Tinggi : 800-2000 cps Ekstra tinggi : >2000 cps
Kelarutan dalam asam asetat 1%	>99 %

Sumber : *Protan Laboratories Inc.* (1987) dalam Agustini, *et al.*, (2007).

Kitosan mempunyai gugus fungsional berupa gugus amino. Selain gugus amino, terdapat juga gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi

tersebut menyebabkan kitosan mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan kitosan mudah terbiodegradasi.

2.5 Minyak Jelantah

Minyak goreng sering kali dipakai untuk menggoreng secara berulang-ulang, bahkan sampai warnanya hitam dan kemudian dibuang. Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang akan menyebabkan oksidasi asam lemak tidak jenuh yang kemudian membentuk gugus peroksida dan monomer siklik. Hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi yang mengkonsumsinya, yaitu menyebabkan berbagai gejala keracunan (Setiawati, *et al.*, 2012).

Minyak yang digunakan untuk menggoreng bahan makanan seperti daging, ikan, roti donat, tempe dan tahu akan mengalami perubahan kimia akibat oksidasi dan hidrolisis, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada minyak goreng tersebut. Melalui proses-proses tersebut beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa-senyawa lain, salah satunya *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas (Ketaren, 1996).

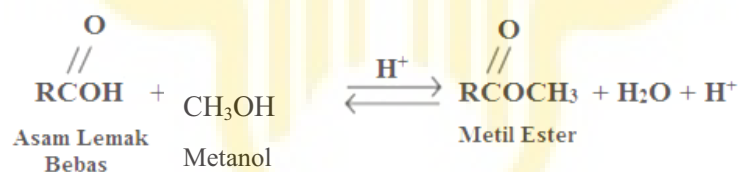
Kandungan asam lemak bebas apabila diesterifikasi dengan metanol akan menghasilkan biodiesel. Trigliserida yang ada pada minyak jelantah apabila ditransesterifikasi dengan metanol, akan menghasilkan biodiesel dan gliserol (Setiawati, *et al.*, 2012). Gliserol dari reaksi transesterifikasi ini merupakan produk samping yang tidak digunakan dalam industri biodiesel.

2.6 Pembuatan Biodiesel

Biodiesel merupakan sumber alternatif pengganti minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Bahan bakar minyak bumi

diperkirakan akan habis jika dieksploitasi secara besar-besaran. Biodiesel merupakan solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi. Berdasarkan hasil evaluasi kelayakan beberapa bahan baku biodiesel, minyak goreng merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang layak digunakan (Setiawati, *et al.*, 2012).

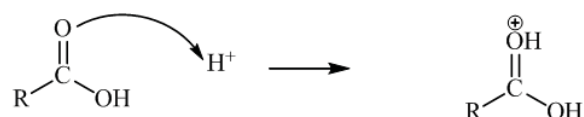
Pengolahan biodiesel dari minyak jelantah merupakan cara yang efektif untuk menurunkan harga jual biodiesel karena murah biaya bahan baku. Minyak jelantah mempunyai kandungan asam lemak bebas yang cukup tinggi. Asam lemak bebas inilah yang jika direaksikan dengan alkohol akan menghasilkan senyawa ester yang merupakan bahan dari biodiesel. Reaksi antara asam lemak bebas dengan senyawa alkohol disebut reaksi esterifikasi.



Sumber: Prasetyo, *et al.*, (2012).

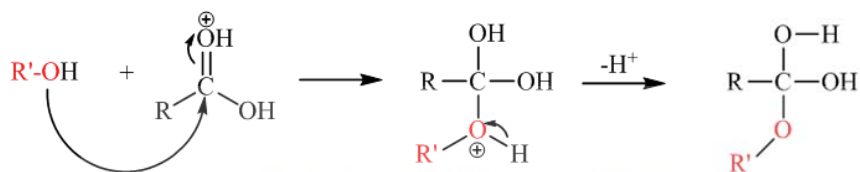
Mekanisme reaksi esterifikasi dapat dijelaskan melalui beberapa tahap reaksi berikut:

- Pembentukan senyawa proton pada asam karboksilat. Pada proses ini terjadi perpindahan proton dari katalis asam atom oksigen pada gugus karbonil.

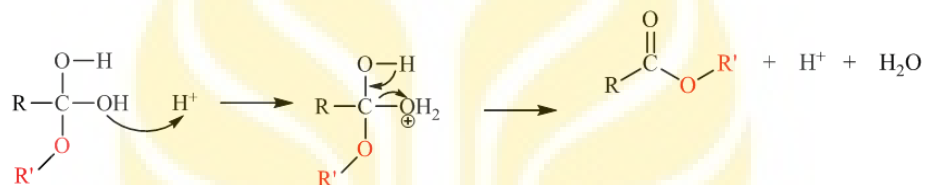


- Alkohol nukleofilik menyerang karbon positif, dimana atom karbon karbonil kemudian diserang oleh atom oksigen dari alkohol, yang bersifat nukleofilik

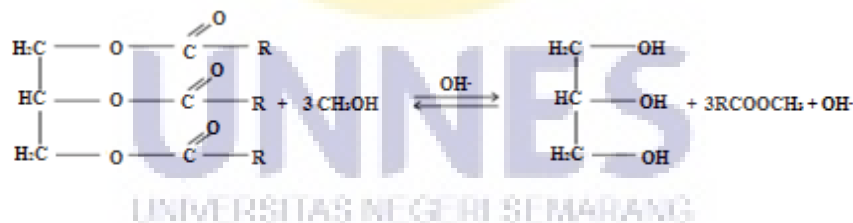
sehingga terbentuk ion oksonium. Pada proses ini terjadi pelepasan proton atau deprotonasi dari gugus hidroksil milik alkohol, menghasilkan senyawa kompleks teraktivasi.



- c) Protonasi terhadap salah satu gugus hidroksil yang diikuti pelepasan molekul air menghasilkan ester.



Trigliseridanya ditransesterifikasi dengan metanol, yang juga menghasilkan biodiesel dan gliserol. Gliserol merupakan hasil samping dari reaksi transesterifikasi.



2.7 Plasticizer Gliserol

Plasticizer adalah material yang ditambahkan untuk mengurangi kekakuan polimer sehingga diperoleh lapisan yang elastis dan fleksibel. Penambahan *plasticizer* pada sebuah *film* penting karena diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh *film* yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler ekstensif, sehingga

diperoleh *film* yang tidak mudah putus, lebih fleksibel dan kuat (Basuki, *et al.*, 2014).

Gliserol di alam jarang ditemukan dalam bentuk bebas dalam lemak, tetapi biasanya sebagai trigliserida yang berkombinasi dengan asam minyak seperti stearat, oleat, dan merupakan campuran atau kombinasi gliserida dari berbagai asam minyak. Gliserol memiliki sifat fisik berupa cairan yang tidak berwarna, kental dan memiliki rasa yang manis, serta tidak berbau (Fessenden, 1982).

Gliserol digunakan sebagai *plasticizer* berfungsi untuk menurunkan kekakuan polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas polimer. Penelitian yang dilakukan oleh Septiosari, *et al.*, (2014) tentang pembuatan bioplastik dengan pati biji mangga-selulosa dengan variasi jumlah penambahan gliserol, menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik maksimal sebesar 6,2551 MPa pada penambahan gliserol 15%, dan terdegradasi selama 26 hari. Berdasarkan penelitian Septiosari, *et al.*, (2014) dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserol pada pembuatan bioplastik akan mengurangi nilai kuat tarik dan mempercepat waktu degradasi.

2.8 Penelitian Terkait

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan eksperimen ini yaitu sintesis *edible film* dan bioplastik dari berbagai macam pati. Sebagai contoh penelitian Wini, *et al.*, (2013) yang menggunakan pati dari sukun. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kitosan maka kuat tarik dan ketahanan air pada *edible film* cenderung meningkat. Hasil terbaik *edible film* adalah pada formulasi pati sukun-kitosan 6:4 dengan nilai *water uptake* sebesar 212,98%, nilai kuat tarik sebesar 16,34 MPa, nilai elongasi sebesar 6,00% dan *modulus young*

sebesar 2,72 MPa, namun hasil analisis morfologi *edible film* pada formulasi pati sukun-kitosan masih terdapat pori dan retakan.

Contoh lain yaitu penelitian tentang pengaruh penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol pada karakteristik plastik *biodegradable* dari pati limbah kulit singkong oleh Sanjaya, *et al.*, (2011). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan kitosan 2% menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik sebesar 6269,059 Psi, elastisitas 494925,675 Psi dan ketahanan air sebesar 66%. Penelitian ini juga membuktikan variabel data optimum dengan komposisi kitosan 2% dan penambahan gliserol 3 mL serta uji biodegradasi oleh mikroba (EM4) selama 10 hari. Penelitian yang dilakukan Sanjaya, *et al.*, masih menggunakan gliserol *pro analyst* yang dibeli di pasaran, sehingga kurang ekonomis.

Basuki, *et al.*, (2014) meneliti karakteristik *edible film* dari pati ubi jalar-gliserol dan mendapatkan hasil terbaik pada kombinasi konsentrasi pati ubi jalar 3% b/v dan gliserol 15% b/b. Kelemahan dari penelitian ini adalah nilai kuat tarik yang tidak begitu besar yakni sebesar 23,540 MPa, sehingga perlu ditambahkan bahan yang dapat menambah kuat tarik dari bioplastik, seperti kitosan misalnya.

Penelitian yang dilakukan Gilang, *et al.*, (2013) menghasilkan bioplastik kitosan-pati singkong dengan penambahan gliserol 20% sebagai *plasticizer* mendapatkan nilai *modulus young* sebesar 4,81 N/mm² dan memiliki daya serap air 7,4% serta laju biodegradasi dalam tanah hingga hari ke-45. Laju biodegradasi dilakukan dengan metode yang sederhana, yakni bioplastik ditanam di dalam tanah selama 45 hari. Penggunaan pati dari singkong memakan biaya yang cukup besar, sehingga sebaiknya menggunakan bahan yang mudah didapatkan dan tidak

memerlukan biaya yang banyak. Kulit labu kuning dapat dimanfaatkan sebagai pengganti singkong.

Aplikasi *plasticizer* gliserol pada pembuatan plastik *biodegradable* dari biji nangka yang dilakukan Anggarini, *et al.*, (2013) mendapatkan formulasi terbaik dari bahan-bahan pembuat plastik yang mendekati sifat plastik SNI, yaitu kuat tarik 24,7-30,2 MPa, elongasi 21- 22% dan hidrofobisitas 99%, dihasilkan oleh campuran pati-gliserol 20%. Campuran pati-aquades-gliserol 20% menghasilkan plastik dengan nilai kuat tarik sebesar 58,83 MPa, elongasi 22,5%, hidrofobisitas 79,02%, dan terdegradasi 54% dalam waktu 6 hari dengan degradabilitas 7,4 mg/hari.

Setiawati, *et al.*, (2012), telah melakukan penelitian mengenai pengolahan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan teknik mikrofiltrasi dan transesterifikasi, dari penelitian tersebut didapatkan gliserol dan metil ester yang cukup banyak *yield-nya*. Perkiraan rata-rata konversi biodiesel berkisar 90% dan gliserol yang dihasilkan 10% dari produksi. Jumlah persentase gliserol yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioplastik. Gliserol hasil samping dari pembuatan biodiesel dapat digunakan sebagai *plasticizer*.

Penelitian yang sudah pernah dilakukan masih menggunakan *plasticizer* gliserol serta pati yang dibeli di pasaran, sehingga membutuhkan biaya yang cukup mahal dalam pembuatan bioplastiknya. Penelitian tentang pembuatan bioplastik dengan pemanfaatan limbah gliserol dan limbah yang dapat menghasilkan pati sebaiknya dilakukan untuk mengurangi biaya dalam produksi bioplastik.

2.9 Karakterisasi Gliserol

2.9.1 Gas Kromatografi Spektroskopi Massa (GC-MS)

Kromatografi gas (GC) merupakan jenis kromatografi yang digunakan dalam bidang kimia untuk pemisahan dan analisis. Kromatografi gas dapat digunakan untuk menguji kemurnian dari bahan tertentu, atau memisahkan berbagai komponen dari campuran (Hendayana, *et al.*, 1994). Spektra GC menggambarkan kandungan senyawa dalam sampel, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spektra GC tersebut.

Spektroskopi massa dapat mengubah senyawa suatu cuplikan menjadi ion-ion yang dipisahkan berdasarkan perbandingan massa terhadap muatan. Prinsip Penggunaan GC-MS didasarkan pada prinsip gas kromatografi dan spektroskopi massa, pada penelitian ini GC-MS digunakan untuk mengetahui berat molekul dan persen gliserol yang dihasilkan dari transesterifikasi minyak jelantah.

2.10 Karakterisasi Pati

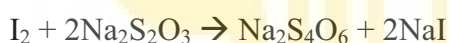
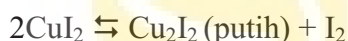
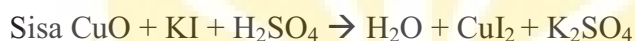
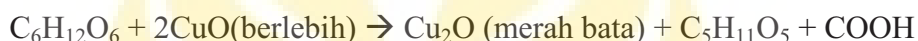
2.10.1 Penentuan Gula Reduksi Metode *Luff-Schoorl*

Metode *Luff-Schoorl* adalah merupakan suatu metode atau cara penentuan monosakarida dengan cara kimiawi. Pada metode ini, yang ditentukan Kuprioksida dalam larutan sebelum direaksikan dengan gula reduksi (titrasi blanko) dan sesudah direaksikan dengan sampel gula reduksi (titrasi sampel).

Penentuan titrasi dengan menggunakan Natrium-tiosulfat. Selisih titrasi blanko dengan titrasi sampel ekuivalen dengan Kuprioksida yang terbentuk dan juga ekuivalen dengan jumlah gula reduksi yang ada dalam bahan atau larutan.

Reaksi yang terjadi selama penentuan karbohidrat cara ini mula-mula Kuprioksida yang ada dalam reagen akan membebaskan Iod dari garam K-iodida. Banyaknya Iod yang dibebaskan ekuivalen dengan banyaknya Kuprioksida. Banyaknya Iod dapat diketahui dengan titrasi dengan menggunakan Na-tiosulfat.

Penambahan indikator amilum pada saat titrasi hampir berakhir untuk memperjelas perubahan warna. Apabila larutan berubah warnanya menjadi putih menunjukkan bahwa titrasi sudah selesai. Reaksi yang terjadi dalam penentuan gula cara ini dapat dituliskan sebagai berikut :



(Sudarmadji, *et al.*, 1984).

2.11 Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR (*Fourier Transform Infrared*)

FT-IR atau Spektrofotometer Inframerah Transformasi Fourier merupakan bentuk analisis kimia yang metodenya berdasarkan pada penyerapan sinar inframerah oleh molekul senyawa. Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap energi dan terjadilah transisi di antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*) (Hendayana, *et al.*, 1994).

Pengujian FT-IR memiliki 3 fungsi, yaitu (1) mengidentifikasi material yang belum diketahui, (2) menentukan kualitas dan konsistensi sampel, (3) menentukan intensitas suatu komponen dalam sebuah campuran.

Spektroskopi FT-IR digunakan untuk menentukan gugus fungsi dalam bioplastik. Polimer bioplastik terbentuk dari ikatan antara kitosan dengan pati. Ikatan antar molekul dalam polimer bioplastik dapat dilihat dari data FT-IR. Selain itu, keberadaan senyawa pengotor gliserol minyak jelantah, seperti metil ester juga dapat diketahui dari serapan FT-IR.

Tabel 2.4 Serapan FT-IR karakteristik kitin dan kitosan

<i>Origin</i>	<i>Group frequency wavenumber (cm⁻¹)</i>	<i>Assignment</i>
OH	3570–3200 (<i>broad</i>)	<i>Hydroxy group, H-bonded OH stretch</i>
NH	3400	<i>(-NH₂) stretching</i>
NH	3265, 3100	<i>-(-NHCOCH₃) stretching</i>
CH	2961 (<i>weak</i>)	<i>(CH₃) stretching</i>
CH	2926-2928	<i>(-CH₂-) stretching asym</i>
CH	2864-2871	<i>(-CH₂-) stretching sym</i>
C=O	1650-1655 (<i>weak</i>)	<i>(-NHCOCH₃) stretching</i>
NH	1560	<i>(-NHCOCH₃-) bending</i>
CN	1310	<i>(-NHCOCH₃-) stretching</i>
NH	1596	<i>(R-NH₂) bending</i>
CH	1418-1426	<i>(-CH₂-) bending asym</i>
CH	1378	<i>(-CH₂-) bending sym</i>
C-O	1082-1077	<i>-(-C-O-C-) stretching asym</i>
C-O	1033-1024	<i>-(-C-O-C-) stretching sym</i>

Sumber : *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (2000).

Ukuran puncak (*peak*) data FT-IR menggambarkan tingkatan jumlah senyawa dan jenis senyawa dalam sampel. Ketika sinar infra merah berinteraksi dengan sampel, ikatan kimia akan mengalami *stretching* (rentangan) ataupun *bonding* (bengkokan).

2.12 Uji Mekanik Bioplastik

Pengujian sifat mekanik meliputi kekuatan tarik (*tensile strength*), perpanjangan (*elongation at break*), elastisitas (*modulus young*). Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika

diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Perpanjangan saat putus (*elongation at break*) merupakan persen pertambahan perpanjangan yang diperlukan saat terjadi penarikan sampai putus. Sedangkan elastisitas (*modulus young*) adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu.

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 awal sampel. Uji kekuatan tarik dilakukan pada lima sampel bioplastik. Kekuatan tarik bioplastik dihitung dengan persamaan berikut:

$$A = \text{panjang awal sampel (mm)} \times \text{tebal awal sampel (mm)}$$

$$\tau = \frac{F \max}{A}$$

Keterangan : τ = kekuatan tarik (N/mm²)

F max = tegangan maksimum (N)

A = luas penampang (mm)

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

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{\text{pertambahan panjang (mm)}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk elastisitas (*modulus young*) diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan elongasi (Wini, *et al.*, 2013).

$$\text{Modulus young (MPa)} = \frac{\text{kuat tarik (MPa)}}{\text{elongasi (\%)}}$$

2.13 Uji Bio-Degradabilitas Bioplastik

Biodegradable berasal dari kata *bio* dan *degradable*. *Bio* berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat diuraikan. Bioplastik merupakan plastik yang bersifat *biodegradable*, atau mudah terurai. Pengujian sifat *biodegradable* dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri EM4 (*Effective Microorganism*). EM4 adalah kultur campuran mikro yang terdiri dari bakteri *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Streptomyces*, ragi jamur dan bakteri fotosintetik yang bekerja saling menunjang dalam dekomposisi bahan organik (Heddy, 2000).

Bakteri akan mendegradasi bioplastik yang mengandung pati dengan cara memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Proses ini akan menghasilkan senyawa-senyawa organik yang aman terhadap lingkungan.

Uji Bio-degradabilitas dilakukan dengan metode perendaman bioplastik ke dalam bakteri EM4 yang sudah diaktivasi. Perendaman dilakukan selama 10 hari dan ditentukan persen degradabilitasnya dari berat sampel awal dan berat sampel akhir (Sanjaya, *et al.*, 2011).

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Hasil perbandingan karakteristik dari bioplastik pati kulit labu kuning-kitosan dengan variasi penambahan gliserol minyak jelantah 15, 30 dan 60%, didapatkan komposisi terbaik pada bioplastik dengan gliserol minyak jelantah 15%. Hal ini dikarenakan bioplastik tersebut memiliki nilai kuat tarik 1,73 MPa, elongasi 11,14%, elastisitas 0,15 MPa, dan daya serap air yang sesuai SNI (21,5% pada suhu 25°C dan 69,09% pada suhu 100°C), tetapi persen degradabilitasnya masih tergolong rendah, yakni 30,76% dalam 10 hari dan belum memenuhi SNI. Apabila dibandingkan dengan bioplastik-gliserol murni 15% sifat mekaniknya hampir sama (kuat tarik 1,95 MPa, elongasi 12,66%, dan elastisitas 0,18 MPa), meskipun daya serap airnya lebih tinggi dan tidak memenuhi SNI (383% pada suhu 25°C dan 727,73% pada suhu 100°C), akan tetapi bioplastik-gliserol murni memiliki persen degradabilitas yang lebih baik dan mendekati SNI (52,82% dalam 10 hari).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian yang membuat bioplastik dengan pemurnian minyak jelantah terlebih dahulu, agar menghasilkan gliserol dengan kemurnian yang lebih tinggi, sehingga dapat memperbaiki sifat fisik, sifat *biodegradable* dan kimia dari bioplastik. Selain itu diperlukan pula perbandingan karakteristik bioplastik pati kulit labu kuning-kitosan dengan variasi jumlah gliserol murni yang ditambahkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdella, A.M.Y. 2008. Isolation and Characterization of Pectic Substances from Pumpkin (*Cucurbita sp*) Peels. *A Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Food Science and Technology Omdurman Islamic University*, 42-59.
- Agustini, T. & Sedjati. 2007. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Ikan Teri. Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro. *Jurnal Pengembangan Pesisir*, 10 (2): 63-71.
- Anggarini, F., Latifah, & S.Sundari. 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(3):177-178.
- Ban, W. 2005. Improving The Physical and Chemical Functionally of Starch-Derived Films with Biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, (10): 118-129.
- Basuki, E.K., Jariyah, & D. Dwi Hartati. 2014. Karakteristik *Edible Film* dari Pati Ubi Jalar dan Gliserol. *Jurnal Rekapangan*, 8 (2): 128-135.
- BPTP Kalimantan Tengah. 2013. *Membuat Kompos dengan Aktivator EM4*. 03/Kompos/MKRPL/2013.
- Brennan. J. G. 1974. *Food Engineering Operations*, Applied Science Publisher Limited. London.
- Bourtom, T. 2008. Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. *International Food Research Journal*. 15 (3): 1-12.
- Coma, V., A. Martial-Gros., S. Garreau., A. Copinet., & A. Deschamps. 2002. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. *Journal of Food Science*, 67: 1162–1169.
- Coates, J. 2000. *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach*. Encyclopedia of Analytical Chemistry R.A. Meyers (Ed.): 10815–10837.
- Dallan, P.R.M., P.L Moreira., L Pertinari., S.M Malmonge., M.M Beppu., S.C Genari, & A.M Moraes. 2006. Effects of Chitosan Solution Concentration and Incorporation of Chitin and Glycerol on Dense Chitosan Membrane Properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* (DOI 10.1002/jbmb): 394-405.
- Darni, Y. & Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4): 88-93.

- Depkes RI. 1996. *Kandungan Gizi Labu Kuning*. Departemen Kesehatan. Jakarta.
- Elsabee, M.Z. & S. Abdou. 2013. Chitosan Based Edible Films and Coatings: A review. *Journal of Materials Science and Engineering*, C33 (2013): 1819–1841.
- Ermawati, S. 2011. Konversi Limbah Plastik sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri*, 5(3): 257-263.
- Fessenden. 1982. *Kimia Organik*. Jakarta : Erlangga.
- Fellows, P. 1990. *Food Processing Technology Principles and Practice*. Ellis Horwood. New York.
- Gibson, R. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New-York: McGraw-Hill.
- Gilang, P. & S.E. Cahyaningrum. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan dan Pati Singkong dengan Plasticizer Gliserol . *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3):1-6.
- Gultom, T. 2001. *Individual Textbook Biokimia*. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hendrasty, H.K. 2003. *Tepung Labu Kuning Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Kanisius:Yogyakarta.
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi 1. Semarang : IKIP Semarang.
- Heddy, S. 2000. Pengaruh dosis EM4 dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agritek*, 8(4): 505-510.
- Higa, T & G.N. Wigiana. 1994. *Mikroorganisme Sakti dari Jepang*. Indonesia Kyusei Nature Farming Society, Jakarta.
- Huda, T & F. Firdaus. 2007. Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian dan Sains "Logika"*, 4(2): 3-10.
- Intan, D.H & Wan A. 2011. Tensile and Water Absorption of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/ Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana*. 40 (7): 713-718.
- Johan. 2016. *Plastik Tidak Bisa di Daur Ulang Terus Menerus*. <http://berita.suaramerdeka.com>. Diakses pada 16 Maret 2016 .

- Keller, H. 2001. *National Vitamin A Supplementation Campaign Activities: August 2001*. Criss Bulletin, Year 3, (2). Helen Keller Int. Ind. Helen Keller International.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Muchtadi, T.R., P. Haryadi, & A.B. Ahza. 1988. *Teknologi Pemasakan Ekstrusi*, PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ningtyas, D.P., S.A. Budhiyanti, & L. Sahubawa. 2013. Pengaruh Katalis Basa (NaOH) pada Tahap Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin. *Jurnal Teknosains*, 2(2): 103-114.
- Noviarso, C. 2003. *Pengaruh Umur Panen dan Masa Simpan Buah Sukun (Artocarpus altilis) Terhadap Kualitas Tepung Sukun yang Dihasilkan*, Skripsi Jurusan teknologi Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 62-65.
- Nurhayati & Agusman. 2011. Edible Film Kitosan dari Limbah Udang sebagai Pengemas Pangan Ramah Lingkungan. *Jurnal Peneliti Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 6(1): 38-44.
- Prasetyo, A.E. & Widayat. 2012. Potensi Gliserol dalam Pembuatan Turunan Gliserol Melalui Proses Esterifikasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10 (1): 26-31.
- Rahayu, L.H. 2007. Optimasi Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Jurnal Reaktor* Vol. 11(1): 45-49.
- Retno, D.T. & W. Nuri. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta.
- Sanjaya, I.G. & T. Puspita. 2011. Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November*, 1-6.
- Septiosari, A., Latifah, & E. Kusumastuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3 (2): 157-162.
- Setiawati, E. & F. Etwar. 2012. Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Jurnal Riset Industri*, 6(2): 117-127.

- Setyaningrum, D., E.B. Susatyo, & M. Alauhdin. 2014. Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi untuk Filtrasi Ion Cd^{2+} dan Cu^{2+} . *Indonesian Journal of Chemistry Science*, 3(1):75-80.
- Sharma, K., V. Singh, & A. Arora. 2011. Natural Biodegradable Polymers as Matrices In Transdermal Drug Delivery. *International Journal of Drug Development & Research*, 3 (2): 85-103.
- Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., & Aguilera J.M. 2009. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile: Chile.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, & Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian Edisi 3*. Yogyakarta : Liberty.
- Sumarni & A.Purwanti. 2008. Kinetika Reaksi Pirolisis plastik Low Density Poliethylene (LDPE). *Jurnal Teknologi Jurusan Teknik Kimia*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, 1(2): 135-140.
- Tindall, H.D. 1983. *Vegetables in The Tropics*. Macmillan, London. 325-379.
- Utami, M.R., Latifah, & N. Widiarti. 2014. Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2): 163-167.
- Vasile, C., & Brebu. 2002. Solid Waste Treatment by Pyrolysis Methods. *Journal of Enviromental Protection and Ecology*, (1): 230-235.
- Wini, S., T. Sudiarti, & L. Rahmidar. 2013. Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan . *Jurnal Valensi*, 3(2): 100-109.
- Wirawan, S.K., A.Prasetya, & Ernie. 2012. Pengaruh Plasticizer pada Karakteristik Edible Film dari Pektin. *Jurnal Reaktor*, 14(1): 61-67.
- Yuniwati, M., D. Ismiyati, & R. Kurniasih. 2011. Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Pisang Tanduk dengan Katalisator Asam Chlorida. *Jurnal Teknologi*, 4(2): 107-112.
- Yurida, M., E. Afriani, & S. Arita. 2013. Pengaruh Kandungan CaO dari Jenis Adsorben Semen Terhadap Kemurnian Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2): 33-42.