

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN SINGKONG
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN PLASTIK
BIODEGRADABLE DENGAN PENAMBAHAN
PLASTICIZER GLISEROL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains



ALPIRA

14036002 / 2014

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PEMANFAATAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN SINGKONG SEBAGAI
BAHAN BAKU PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DENGAN
PENAMBAHAN *PLASTICIZER* GLISEROL

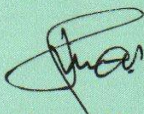
Nama : Alpira
Nim : 14036002
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

Disetujui oleh

Pembimbing I

Pembimbing II



Drs. Iswendi, M.S
NIP. 19600626 198602 1 001



Dra. Sri Benti Etika, M.Si
NIP. 19620913 198803 2 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Alpira

NIM : 14036002

Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN SINGKONG SEBAGAI
BAHAN BAKU PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DENGAN
PENAMBAHAN *PLASTICIZER* GLISEROL**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 31 Juli 2018

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Drs. Iswendi, M.S

2. Sekretaris : Dra. Sri Benti Etika, M.Si

3. Anggota : Hary Sanjaya, M.Si

4. Anggota : Edi Nasra, S.Si, M.Si

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alpira
TM/NIM : 14036002/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Balik Gunung/ 17 Agustus 1995
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Balik Gunung, Pesisir Selatan
No.HP/Telepon : 0813 6474 7059
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Singkong
sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik
Biodegradable dengan Penambahan *Plasticizer*
Gliserol

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangan **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Juli 2018

Yang membuat pernyataan,



Alpira

14036002

ABSTRAK

Alpira (2018): Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Singkong sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol

Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan limbah cair pengolahan singkong menjadi plastik *biodegradable* dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastistas dari plastik *biodegradable*.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang memvariasikan jumlah gliserol yaitu 0 mL, 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, dan 5 mL. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan dianalisa kandungan air (*Water Content*), derajat pengembungan (*Swelling*), uji kuat tarik (*Tensile Strenght*), pemanjangan (*elongasi*), uji biodegradasi, analisa gugus fungsi (FTIR), serta uji kristalinitas (XRD).

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh semakin banyak penambahan gliserol, semakin besar persentase kandungan air dan derajat pengembungan. Plastik *biodegradable* dengan penambahan 3 mL gliserol memiliki kuat tarik optimum yaitu 27,49 N/mm², pemanjangan 0,107 N/mm², elastistas 4,804 Mpa. Kemampuan degradasi plastik *biodegradable* dengan penambahan 5 mL gliserol mencapai 60,777% selama 15 hari. Spektra FTIR menunjukan puncak yang hampir sama antara plastik tanpa penambahan gliserol dengan penambahan gliserol. Berdasarkan data XRD, struktur plastik tanpa penambahan gliserol lebih kristalin dibandingkan plastik dengan penambahan 3 mL gliserol.

Kata Kunci : Plastik *biodegradable*, limbah cair pengolahan singkong, *plasticizer*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Singkong sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Drs. Iswendi, M.S selaku pembimbing I.
2. Ibu Drs. Sri Benti Etika, M.Si selaku pembimbing II sekaligus penasehat akademik.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si dan Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembahas.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si sebagai Sekretaris Jurusan Kimia, Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA, UNP.
5. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP
6. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA Seluruh Staf Laboratorium Meteorologi, Fakultas Teknik UNAND.
7. Semua pihak dan teman-teman kimia tahun 2014

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Skripsi ini ditulis dengan berpedoman kepada Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Namun untuk kesempurnaannya penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca. Atas kritik dan sarannya penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	6
A. Tanaman Singkong	6
B. Plastik <i>Biodegradable</i>	11
1. Pengertian Plastik <i>Biodegradable</i>	11
2. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik <i>Biodegradable</i>	14
3. Karakterisasi Struktur Plastik <i>Biodegradable</i>	17
C. <i>Plasticizer</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Tempat dan Waktu Penelitian	24
B. Jenis Penelitian.....	24
C. Objek Penelitian	24
D. Variabel Penelitian.....	24
E. Alat dan Bahan	25
1. Alat	25
2. Bahan.....	25
F. Prosedur Penelitian	25
1. Pembuatan Pati kering dari limbah cair pengolahan singkong	25
2. Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	26
3. Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i>	26
G. Desain Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Hasil Penelitian	32
1. Pati Kering	32
2. Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	32
3. Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i>	32
B. Pembahasan.....	35
1. Pati Kering	35
2. Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	36
3. Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i>	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
DAFTAR KEPUSTAKAAN	49
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan gizi 100 gram daging singkong	7
2. Sifat-sifat plastik sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).	14
3. Frekuensi vibrasi gugus fungsi pada spektrum infra merah	18
4. Sifat fisik dan kimia Gliserol	22
5. Uji sifat fisik Plastik <i>Biodegradable</i>	33
6. Uji sifat mekanik Plastik <i>Biodegradable</i>	33
7. Uji Biodegradasi Plastik <i>Biodegradasi</i>	34
8. Puncak bilangan gelombang pada masing-masing gugus fungsi	34
9. Derajat kristalinitas plastik <i>biodegradable</i>	35
10. Ukuran plastik <i>biodegradable</i>	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Umbi singkong.....	7
2. Struktur amilosa	9
3. Struktur amilopektin	9
4. Struktur gliserol.....	23
5. Bentuk spesimen uji kekuatan tarik.	28
6. Pati singkong.....	32
7. Plastik <i>biodegradable</i> (a) tanpa penambahan gliserol (b) penambahan gliserol.....	32
8. Pengaruh penambahan gliserol terhadap kandungan air pada plastik <i>biodegradable</i>	37
9. Pengaruh penambahan gliserol terhadap %derajat pengembangan plastik <i>biodegradable</i>	38
10. Pengaruh penambahan gliserol terhadap kemampuan kuat tarik plastik <i>biodegradable</i>	39
11. Pengaruh penambahan gliserol terhadap pemanjangan plastik <i>biodegradable</i>	40
12. Pengaruh penambahan gliserol terhadap keelastisan plastik <i>biodegradable</i> ..	41
13. Pengaruh penambahan gliserol terhadap biodegradasi plastik <i>biodegradable</i>	43
14. Perbedaan plastik <i>biodegradable</i> sebelum dan sesudah yang terdegradasi didalam tanah	43
15. Spektrum FTIR (b) Tanpa penambahan gliserol (b) penambahan 3 ml gliserol.....	45
16. Difraktogram Plastik <i>biodegradable</i> tanpa penambahan gliserol dengan penambahan gliserol	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Pembuatan Pati kering dari limbah cair pengolahan singkong..	56
2. Skema Kerja Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	57
3. Uji Kandungan Air (<i>Water Content</i>).....	58
4. Uji Derajat Penggembungan (<i>swelling test</i>).....	59
5. Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strenght</i>)	60
6. Uji Biodegradasi (<i>Soil Burial Test</i>).....	61
7. Menganalisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	62
8. Menganalisa Kristalinitas Plastik menggunakan XRD	63
9. Data <i>Water Content</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	64
10. Perhitungan <i>Water Content</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	65
11. Data Derajat Penggembungan (<i>Swelling</i>) Plastik <i>Biodegradable</i>	68
12. Perhitungan <i>Swelling</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	69
13. Data <i>Tensile Strength</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	72
14. Data <i>Elongasi</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	73
15. Data Elastisitas Plastik <i>Biodegradable</i>	74
16. Data Mentah Degradasi Plastik <i>Biodegradasi</i>	75
17. Perhitungan Persentase Degradasi Plastik <i>Biodegradable</i>	76
18. Spektra FTIR Plastik <i>Biodegradable</i>	78
19. Data Analisis XRD Plastik <i>Biodegradable</i>	80
20. Data dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas Plastik <i>Biodegradable</i>	95
21. Proses Pembuatan Pati Kering	97
22. Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	98
23. Perhitungan <i>water Content</i>	100
24. Perhitungan <i>Swelling Test</i>	101
25. Uji kuat tarik	102
26. Biodegradasi.....	103
27. Karakterisasi menggunakan FTIR	104
28. Karakterisasi menggunakan XRD	105

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman singkong (*Manihot esculenta*) merupakan tanaman yang banyak terdapat di Indonesia, terutama Sumatera Barat. Tanaman tersebut dimanfaatkan oleh masyarakat Sumatera Barat karena memiliki kandungan kimia yang berguna bagi tubuh. Kandungan kimia 100 gram daging singkong yaitu 1 gram protein, 15 gram kalori, 36,8 gram karbohidrat, dan 0,1 gram lemak (Akbar *et al.*, 2013). Masyarakat mengolah umbi singkong menjadi berbagai jenis makanan seperti kerupuk (*karak kaling, keripik*) dan *tapai*. Pada saat pengolahan tersebut akan menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Limbah cair pengolahan singkong dapat dimanfaatkan karena masih mengandung pati, salah satunya dapat dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* (Utama *et al.*, 2013).

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang bersifat ramah lingkungan karena mudah terurai oleh mikroorganisme tertentu (Yuniarti *et al.*, 2014). Plastik *biodegradable* memiliki peranan yang penting dalam mengurangi dampak pencemaran akibat penggunaan plastik pada saat ini. Plastik yang digunakan masyarakat pada saat ini adalah plastik sintetis.

Plastik sintetis merupakan plastik polimer petrokimia yang berasal dari minyak bumi yang semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui (Zulferiyenni *et al.*, 2014). Plastik sintetis sulit untuk terdegradasi sehingga menyebabkan penumpukan limbah plastik, mengganggu kesuburan tanah, dan merusak lingkungan sekitar (Akbar *et al.*, 2013). Selain itu, plastik ini kurang aman

digunakan sebagai pengemas pangan. Monomer-monomer dari plastik sintetis dapat berpindah ke dalam pangan dan selanjutnya masuk ke dalam tubuh manusia yang mengkosumsinya. Bahan-bahan kimia dari plastik ini tidak dapat larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang dari tubuh. Penumpukan bahan-bahan kimia ini, berbahaya bagi tubuh dan dapat memicu terjadinya kanker (Fransisca *et al.*, 2013). Mengingat dampak yang ditimbulkan dari plastik sintetis maka dilakukan alternatif untuk mengurangi dampak tersebut. Salah satunya, mengembangkan plastik yang bersifat ramah lingkungan seperti plastik *biodegradable*.

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat diperbaharui karena berasal dari alam. Plastik *biodegradable* yang berasal dari alam mudah terdegradasi dan terurai oleh mikroorganisme. Plastik *biodegradable* didegradasi terurai membentuk senyawa H_2O dan CO_2 (Yuniarti *et al.*, 2014). Selain itu, plastik *biodegradable* dapat menghambat difusi oksigen dan uap air kedalam bahan dilapisi, menghambat pembusukan oleh mikroba dan keamanannya untuk dikonsumsi (Saleh, 2017). Salah satu bahan alam yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah singkong karena memiliki kandungan pati yang tinggi. Namun, Plastik *biodegradable* yang terbentuk dari pati relatif kaku, sehingga perlu penambahan *plasticizer* agar plastik menjadi lebih elastis (Yulianti *et al.*, 2012).

Plasticizer yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah gliserol, sorbitol, kitosan, dan polietilen glikol. *Plasticizer* yang sering digunakan adalah gliserol. Gliserol dapat dijadikan sebagai *plasticizer* karena bersifat hidrofilik dan mudah larut dalam air. Gugus hidroksil pada gliserol

menyebabkan terbentuknya ikatan antara pati dengan gliserol sebagai pengganti ikatan hidrogen antara polimer pati selama pembentukan biopolimer plastik *biodegradable*. Setiap penambahan gliserol akan mempengaruhi bentuk dari plastik *biodegradable* (Huri *et al.*, 2014)

Pada peneliti sebelumnya, mengenai “Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik *biodegradable* dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya”, diperoleh plastik yang sangat baik yaitu pada 12 gram pati dengan penambahan gliserol 4 ml di peroleh kekuatan tarik 0,2122 kgf/mm² dan akan terdegradasi dalam waktu 2 minggu (Akbar *et al.*, 2013). Sifat fisik dan mekanik plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh jenis *plasticizer*. *Plasticizer* yang baik untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah gliserol. Pada uji pendahuluan telah dilakukan, plastik *biodegradable* dari pati singkong dengan penambahan *plasticizer* gliserol sudah didapatkan lembaran plastik *biodegradable*. Pada lembaran plastik ini terdapat gelembung-gelembung udara, kaku dan mudah robek. Hal ini disebabkan oleh penambahan *plasticizer* pada pembuatan plastik yang kurang tepat. Untuk itu perlu dilihat penambahan *plasticizer* yang tepat agar diperoleh plastik *biodegradable* yang sesuai dengan standar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis tertarik melakukan penelitian berjudul “Pemanfaatan limbah cair pengolahan singkong sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan *plasticizer* gliserol. Penelitian menggunakan limbah cair pengolahan singkong ini diharapkan dapat memperoleh sifat fisik dan sifat mekanik plastik *biodegradable* yang baik dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi tiga masalah sebagai berikut.

1. Hasil samping pengolahan singkong berupa limbah cair pengolahan singkong dapat menyebabkan pencemaran.
2. Limbah cair pengolahan singkong dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair organik, bietanol dan plastik *biodegradable*.
3. Untuk mendapatkan plastik *biodegradable* yang elastis perlu penambahan *plasticizer*, salah satunya gliserol.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah di ungkapkan, batasan masalah pada materi ini sebagai berikut .

1. Variasi penambahan *plasticizer* gliserol 0 mL, 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL dan 5 mL.
2. Karakterisasi sifat fisik (Kandungan air, derajat pengembangan), mekanik (kuat tarik, pemanjangan, elastisitas,), Uji biodegradasi dan karakterisasi struktur menggunakan FTIR dan XRD.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah “Bagaimana pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol terhadap sifat fisik, mekanik, biodegradasi dan struktur plastik *biodegradable* dari limbah cair pengolahan singkong?”

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *plasticizer* terhadap plastik *biodegradable* dari limbah cair pengolahan singkong terhadap sifat fisik, mekanik, biodegradasi dan struktur plastik *biodegradable*.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan 2 manfaat. Manfaat penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui jumlah gliserol sebagai *plasticizer* yang tepat untuk memperoleh plastik *biodegradable* dengan sifat fisik, mekanik, biodegradasi dan struktur plastik *biodegradable* yang memenuhi standar.
2. Dapat memberikan informasi tentang alternatif pemanfaatan limbah cair pengolahan singkong.

BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN

A. Tanaman Singkong

Singkong merupakan makanan pokok yang paling penting di daerah tropis sebagai sumber energi. Singkong bisa tumbuh hanya dengan menyebarkan batang stek atau benih seksual ke tanah. Penanaman tanaman singkong dari benih membutuhkan waktu lebih lama untuk tumbuh dibandingkan dengan menggunakan stek (batang). Singkong dapat tumbuh pada daerah dataran rendah dan dataran rendah semi tropis, dataran rendah subtropis lembab, dataran rendah daerah tropis, daerah tropis lembab, dan dataran rendah yang panas (Augusto *et al.*, 2002).

Singkong berasal dari benua Amerika, seperti Brazil dan Paraguay. Singkong ditanam di Indonesia sekitar tahun 1810 yang diperkenalkan oleh seorang portugis dari Brazil. Tanaman singkong merupakan tanaman berumur panjang yang dapat beradaptasi dalam berbagai lingkungan, sehingga resiko gagal panen sangat sedikit. Umbi singkong rata-rata memiliki diameter 5--10 cm dan panjang 50--80 cm (Gunawati, 2017). Morfologi singkong yakni :

Kingdom	: Plantae
Divisi	:Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Euphorbiales
Famili	: Euphorbiaceae
Genus	: Manihot
Spesies	: <i>Manihot utilissima</i> (World, 2010)

Singkong memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari terutama bagian umbi. Umbi singkong merupakan tempat menyimpan persediaan cadangan makanan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat terbesar dari singkong. Pada umumnya, umbi singkong berbentuk bulat panjang yang semakin keujung ukurannya semakin kecil. Bentuk umbi singkong (*manihot esculenta*) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Umbi singkong

Umbi singkong memiliki kandungan gizi yang tinggi, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi 100 gram daging singkong

Komposisi Kimia	Jumlah
Protein	1 g
Kalori	154 g
Karbohidrat	36,8 g
Lemak	0,1 g

(Akbar *et al.*, 2013)

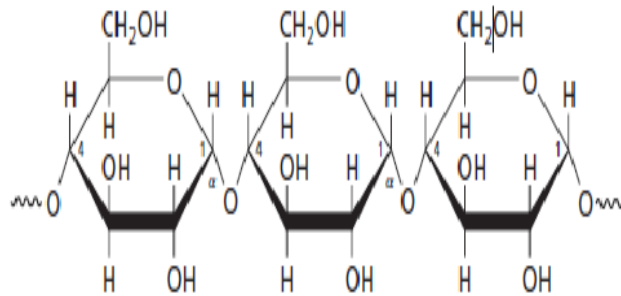
Selain kandungan gizi tersebut, singkong mempunyai suatu racun yang berbahaya bagi tubuh yaitu HCN (asam sianida). HCN dihasilkan dari hidrolisis linamarin oleh enzim *linamarase*. HCN merupakan suatu senyawa yang mudah menguap dan mudah larut. Singkong tidak dapat langsung dikonsumsi dalam bentuk segar karena pada singkong terdapat HCN. Oleh karena itu, dilakukan

pengolahan untuk mendetoksifikasi HCN dengan proses tradisional seperti pemanasan, perendaman air, dan penghancuran (Sandi *et al.*, 2013). Ketika singkong diolah menjadi suatu produk, akan menghasilkan hasil samping berupa limbah.

Limbah pengolahan singkong dapat berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah cair pengolahan singkong merupakan limbah organik yang masih banyak mengandung pati dan HCN. Limbah cair pengolahan singkong apabila dibuang begitu saja akan sangat merugikan dan dapat menimbulkan pencemaran. Oleh karena itu, limbah cair pengolahan singkong perlu dimanfaatkan karena masih mengandung pati (Utama *et al.*, 2017).

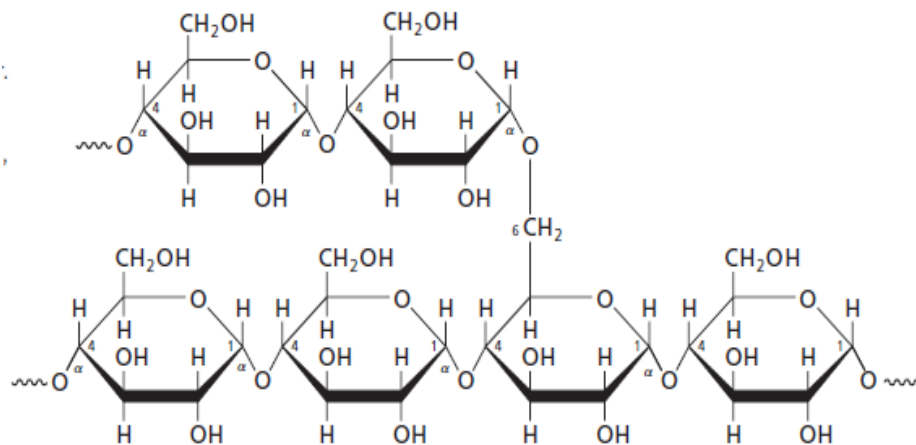
Pati merupakan suatu senyawa polisakarida yang terdiri dari beberapa monosakarida yang berikatan melalui ikatan glikosidik. Pati terbentuk pada siang hari ketika proses fotosintesis melebihi laju gabungan antara respirasi dan translokasi pada tumbuhan (Jacoeb *et al.*, 2014). Pati menarik perhatian karena mudah didapat, tersedia secara luas, murah, dan dapat diperbaharui. Pati digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik karena memiliki karakteristik menyerupai plastik (Hadi *et al.*, 2017). Plastik dari pati mudah terurai (*biodegradable*) dan keberadaannya melimpah di alam. Pati terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin.

Amilosa mempunyai struktur rantai lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur amilosa (Fessenden,1986)

Sedangkan amilopektin terdiri dari struktur rantai bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan pada ikatan α -(1,6) (Akbar *et al.*, 2013). Struktur amilopektin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur amilopektin (Fessenden,1986)

Amilosa dan amilopektin memiliki sifat yang berbeda dalam pembentukan gel dan Kristal. Pada pembentukan gel, amilosa berkontribusi pada kekuatan dan daya peregangan yang tinggi pada plastik yang dihasilkan (Muin *et al.*, 2017). Struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul

glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat menghasilkan plastik yang lentur dan kuat (Yulianti *et al.*, 2012). Rantai amilosa dan amilopektin pada pati tersusun dalam bentuk semikristal, sehingga sulit larut dalam air. Amilosa dari pati sukar larut dalam air dapat dihidrolisis dalam suasana asam. Amilosa memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen dan retrogradasi. Retrogradasi adalah pembentukan kembali kristal matriks pati setelah tergelatinisasi akibat pemanasan (Riansya *et al.*, 2008).

Plastik dari pati menggunakan prinsip gelatinisasi. Gelatinisasi terjadi ketika granula berinteraksi dengan air disertai dengan temperatur yang meningkat menyebabkan ikatan hidrogen rusak. Kemudian, amilosa berdifusi keluar dari granula dan hanya menyisakan amilopektin. Ketika granula pecah, amilosa dan amilopektin tersusun kembali menjadi matriks tiga dimensi. Pati yang tergelatinisasi dapat membentuk struktur kristalin. Proses gelatinisasi ini terjadi pada suhu 58⁰C—70⁰C dan bersifat *irreversible* (Riansya *et al.*, 2008). Setelah proses gelatinisasi, dilakukan pengeringan. Proses pengeringan akan mengakibatkan air lepas sehingga akan membentuk gel yang stabil. Gel tersebut akan membentuk plastik *biodegradable* (Jacoeb *et al.*, 2014).

B. Plastik *Biodegradable*

1. Pengertian Plastik *Biodegradable*

Plastik merupakan polimer sintetis yang terbuat dari petroleum, atau gas alam yang sulit didaur ulang dan diuraikan oleh pengurai (Panjaitan *et al.*, 2017). Plastik dari polimer petrokimia yakni plastik sintetis yang sangat populer digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti fleksibel (mengikuti bentuk produk), transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, dan tidak korosi (Coniwanti *et al.*, 2014). Plastik yang terbuat dari polimer petrokimia dikenal sebagai biji plastik yang umumnya lama terdegradasi. Hal ini menyebabkan terjadinya penumpukan sampah plastik dan menjadi penyebab pencemaran lingkungan di dunia saat ini (Yadav *et al.*, 2016). Penggunaan polimer ini secara terus menerus akan menghasilkan pencemaran lingkungan, membahayakan satwa liar saat mereka terdapat di alam. Pembuangan plastik yang tidak dapat terdegradasi berdampak buruk bagi kehidupan (Avérous *et al.*, 2012).

Plastik yang telah digunakan pada saat ini sering dibuang ke sungai dan laut sehingga mencemari air, tanah, dan kehidupan laut serta udara. Daur ulang plastik tidak ekonomis dan dapat menyebabkan pencemaran. Hal ini terkait dengan masalah kulit dan pernafasan akibat terhirup asap beracun, terutama hidrokarbon dan residu yang dilepaskan selama proses daur ulang (Kakoti, 2017). Plastik dapat terurai secara sempurna di dalam tanah membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, pembakaran plastik <800 °C akan membentuk senyawa dioksin (Akbar *et al.*, 2013).

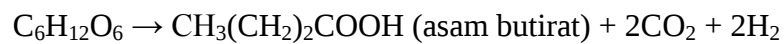
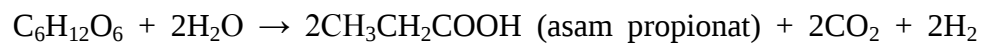
Senyawa dioksin merupakan senyawa yang berbahaya untuk kesehatan manusia. Dioksin larut dalam lemak dan bersifat hidrofobik. Dioksin yang terbentuk ketika pembakaran plastik, masuk ke udara bersama abu yang berterbangan. Dioksin tersebut akan mengendap pada tanaman, kemudian dikonsumsi oleh ternak dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Dioksin dapat menyebabkan kanker, menurunkan daya kekebalan tubuh, mengubah fungsi genetika dan keguguran kandungan (Ansyori, 2011). Untuk menghindari bahaya tersebut, perlu alternatif untuk mengganti bahan baku plastik dengan polimer alam.

Polimer alam yang biasa kita kenal seperti pati, selulosa, protein, karet alam, dan sebagainya. Plastik yang terbuat dari polimer alam dikenal sebagai bioplastik. Bioplastik merupakan suatu plastik yang terbuat dari bahan alam dan lebih cepat terdegradasi atau dikenal dengan plastik *biodegradable* (Shivam, 2016). *Biodegradable* berasal dari kata *bio* dan *degradable*. *Bio* berarti “hidup” dan *degradable* berarti “dapat diuraikan”. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang digunakan layaknya plastik konvensional, namun mudah terurai oleh mikroorganisme (Nurhayati *et al.*, 2013).

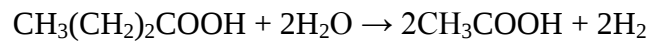
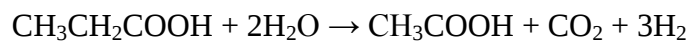
Plastik *biodegradable* setelah digunakan dan dibuang ke lingkungan akan terurai oleh mikroorganisme didalam tanah menjadi air dan gas karbondioksida. Plastik *biodegradable* ramah lingkungan karena mudah melebur di tanah (Jannah, 2014). Pada tanah terdapat mikroorganisme seperti bakteri, alga dan jamur yang dapat merubah struktur kimia dari plastik *biodegradable* (Fransisca *et al.*, 2013). Mikroorganisme dapat mendegradasi plastik seperti, *Bacillus megaterium*,

Pseudomonas sp., *Azotobacter*, *Ralstonia eutropha*, *Halomonas sp.*, dan lain-lain (Elpawati, 2015). Penguraian oleh mikroorganisme melibatkan proses aerobik dan anaerobik. Proses anaerobik melalui beberapa tahap, yaitu:

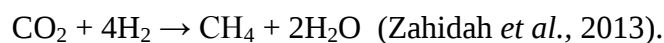
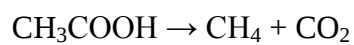
1. Hidrolisis, meliputi proses degradasi limbah organik seperti protein, polisakarida, lemak.
2. Acidogenesis, merupakan proses oksidasi anaerobik dari asam lemak,, alkohol dan proses fermentasi dari karbohidrat menjadi asam lemak (volatile fatty acids) seperti butirat dan propionat dan gas hidrogen.



3. Acetogenesis, merupakan tahapan pengkonversian butirat dan propionat menjadi asetat.



4. Methanogenesis, merupakan proses konversi dari asetat, hidrogen dan karbondioksida menjadi gas metana.



2. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik *Biodegradable*

Plastik yang memiliki kualitas yang baik harus mempunyai nilai sifat-sifat mekanik yang sudah ditetapkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Rentang nilai karakteristik plastik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat plastik sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

No	Karakteristik	Nilai
1	Kuat Tarik (MPa)	24,7-30,2
2	Persen <i>Elongasi</i> (%)	21,0-22,0
3	Hidrofobisitas (%)	99

(Darni, 2010).

Karakterisasi sifat mekanik dari plastik *biodegradable* terdiri dari :

a. Uji tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh lembaran plastik selama pengukuran berlangsung sebelum putus. Perpanjangan putus sangat mempengaruhi keelastisan suatu plastik. Semakin tinggi perpanjangan putus suatu plastik, semakin elastis plastik tersebut sehingga dapat ditarik lebih panjang. Sebaliknya semakin rendah suatu perpanjangan putus menandakan plastik mudah rusak dan rapuh. Hal ini dipengaruhi oleh *plasticizer*, semakin besar penambahan *plasticizer* maka semakin besar penambahan nilai persen perpanjangan (Coniwanti *et al.*, 2014).

b. Kuat Pemanjangan (*Elongasi*)

Persentase pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Persen pemanjangan dikenal juga dengan *elongasi*. *Elongasi* sangat ditentukan dengan penambahan *plasticizer* (Harianingsih *et al.*, 2017). *Plasticizer* yang masuk ke dalam molekul pati akan menurunkan interaksi antar

molekul pati dengan cara membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dalam molekul pati dengan molekul *plasticizer* sehingga menyebabkan plastik menjadi elastis dan meningkatkan persen pemanjangan serta mengurangi kerapuhan dari plastik (Hidayati, 2015).

c. Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas merupakan ukuran dari kekuatan film yang dihasilkan. Elastisitas dipengaruhi oleh *elongasi* (pemanjangan). Semakin besar nilai *elongasi*, maka semakin elastis plastik tersebut. Plastik yang memiliki nilai *modulus young* tinggi dapat melindungi dan melapisi plastik dengan baik (Ariska, *et al.*, 2015)

d. Uji Kandungan Air (*Water Content*)

Kandungan air merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk analisa fisik untuk menentukan jumlah air yang terkandung didalam plastik *biodegradable*. Penentuan kandungan air bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kualitas dari plastik yang dihasilkan. Semakin kuat ikatan pati menyebabkan jumlah air yang terperangkap sedikit, sehingga kandungan air menjadi rendah (Tari *et al.*, 2010). Kandungan air dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\%W_c = \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100\%$$

e. Ketahanan Plastik terhadap Air (*Swelling Test*)

Sifat ketahanan plastik *biodegradable* terhadap air ditentukan dengan uji *swelling*, yaitu persentase penggembungan plastik oleh adanya air (Sanjaya, 2010). Ketahanan plastik terhadap air bertujuan untuk mengetahui berapa persen

air yang dapat diserap oleh plastik hingga hancur. Uji ketahanan terhadap air yang tinggi menyebabkan plastik mudah larut dalam air dan kemampuannya untuk menahan air menjadi berkurang. Plastik *biodegradable* dengan daya larut tinggi sangat baik digunakan pada produk pangan siap makan karena mudah larut pada saat dikonsumsi (Rusli *et al.*, 2017).

f. Uji Biodegradabilitas

Biodegradasi merupakan proses kimia selama mikroorganisme yang tersedia di lingkungan mengkonversi bahan menjadi zat alami seperti air, karbon dioksida dan kompos. Proses biodegradasi tergantung pada kondisi lingkungan (seperti suhu, lokasi) (Gill, 2014).

Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradasi plastik setelah kontak dengan mikroorganisme adalah sifat hidrofobik, bahan aditif yang digunakan, struktur polimer, dan berat molekul bahan. Proses terjadinya biodegradasi plastik pada lingkungan alam dimulai dengan degradasi kimia yaitu proses oksidasi molekul, menghasilkan polimer dengan berat molekul yang rendah. Proses berikutnya adalah serangan oleh mikroorganisme (bakteri, jamur, dan alga) dan aktivitas enzim (Firdaus *et al.*, 2004).

Uji biodegradasi merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan plastik tersebut ramah lingkungan atau tidak. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan plastik terhadap bakteri pengurai, kelembapan tanah, dan suhu. Pada amilosa, amilopektin dan gliserol mempunyai gugus hidroksil (OH) menyebabkan terjadi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi air dari tanah. Gugus OH pada pati akan terdekomposisi dan kemudian menghilang dalam tanah.

Polimer terdegradasi dalam tanah karena putusnya ikatan rantai pada polimer (Aripin *et al.*, 2017).

Salah satu metoda yang mudah untuk menentukan biodegradasi dari suatu plastik dari suatu material polimer adalah dengan menentukan massa sebelum plastik di kubur dan setelah plastik di kubur di dalam tanah. Hal ini ditandaikan dengan pengurangan massa plastik sebelum dan sesudah didegradasi dalam jangka waktu tertentu (Sumartono, 2015).

3. Karakterisasi Struktur Plastik *Biodegradable*

Karakteristik struktur dari plastik *biodegradable* dapat dilihat menggunakan instrument sebagai berikut.

a. Karakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

FTIR merupakan metode spektroskopi infrared yang dilengkapi dengan *transformasi fourier* untuk analisis spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan pada FTIR adalah absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah, sedangkan *transformasi fourier* adalah suatu konversi matematika yang memungkinkan pemisahan seluruh spektrum sinar inframerah secara bersamaan, kemudian mengubah hasil *scanning* secara matematika menjadi sebuah panjang gelombang lawan spektra absorbansi. Pengujian FTIR akan menunjukkan bagaimana serapan gugus polimer pada sampel sehingga akan diketahui gugus ikatan yang terkandung dalam sampel. Gugus ikatan pada sampel dapat diketahui berdasarkan grafik yang muncul pada layar komputer sebagai piranti yang terhubung dengan FTIR (Amalia, 2012).

Analisis menggunakan spektrofotometri mampu menghasilkan spektrum yang memiliki serapan yang khas untuk masing-masing gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Analisis FTIR pada plastik *biodegradable* bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran dengan melihat gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Sampel berupa film ditempatkan ke dalam *set holder*, kemudian dicari spektrumnya. Hasilnya dapat berupa difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR dapat direkam pada suhu ruang (Darni & Utami, 2010). Beberapa frekuensi vibrasi gugus fungsi pada spektrum infra merah ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Frekuensi vibrasi gugus fungsi pada spektrum infra merah

NO	Daerah Serapan(cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3650-3200	-OH
2	1700-1725	-COOH
3	1820-1640	C=C (lemah)
4	1520-1600	C=C Aromatik
5	1300-900	C-O (Kuat)
6	3000-2840	C-H alifatik
7	1450-1375	Metil
8	1465	Etil
9	1200-800	C-C (Lemah)
10	1870-1540	C=O (Lemah)
11	1300-100	C-OH
12	3020-3080, 675-870	CH ₂

(Sastrohamidjojo, 1992)

b. Karakterisasi menggunakan XRD (*X-ray diffraction*)

Kristalinitas merupakan sifat penting pada polimer yang menunjukkan ikatan antar rantai molekul sehingga menghasilkan susunan molekul yang lebih teratur. Sifat kristalinitas yang tinggi menyebabkan tegangan yang tinggi dan kaku. Struktur rantai polimer mempunyai kristalinitas yang berbeda. Kristalinitas

polimer dipengaruhi oleh jenis struktur rantai dan jenis ikatan. Derajat kristalinitas dapat dipelajari melalui film tipis dengan menggunakan difraksi sinar-X (Agusnar, 2014).

C. *Plasticizer*

Plastik mempunyai beberapa keunggulan seperti elastis, ekonomis, transparan, tidak mudah pecah dan tahan panas. Salah satu bahan yang membuat plastik tahan panas adalah *plasticizer* (Maryati, 2014).

Plasticizer merupakan bahan *nonvolatile* yang ditambah kedalam formula plastik yang berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer (Sanhawong, 2017). Syarat *plasticizer* yang digunakan sebagai zat pemelastis adalah stabil (*inert*), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi (Coniwanti *et al.*, 2014). *Plasticizer* memiliki karakteristik bahan yang tidak mudah menguap, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada produk (Lestari, 2017). Selain itu, Penambahan *plasticizer* pada pembuatan plastik *biodegradable* yang bersifat hidrofilik dapat meningkatkan sifat higroskopis dan menurunkan sifat hidrofobiknya (Muin *et al.*, 2017).

Jenis dan konsentrasi dari *plasticizer* akan berpengaruh terhadap kelarutan dari *film* berbasis pati. Semakin banyak *plasticizer* yang digunakan maka

kelarutan akan semakin meningkat. Gugus polar (-OH) di sekitar rantai *plasticizer* menyebabkan pengembangan ikatan hidrogen polimer-plastik yang menggantikan interaksi polimer-polimer pada film biopolimer (Radhiyatullah *et al.*, 2015). Menurut Krocht dan Jonhson (1997), *plasticizer* polyol yang sering digunakan yaitu gliserol, sorbitol, kitosan, dan polietilen glikol.

Sorbitol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik. Selama pengeringan di suhu ruang, gugus OH pada sorbitol mampu mengikat air sehingga bisa digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Sorbitol dapat membuat plastik menjadi elastis dan tidak kaku (Riyanto, 2017). Sorbitol merupakan senyawa yang dapat larut sempurna dalam air sehingga semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka semakin tinggi pula nilai kelarutannya (Hidayati, 2015).

Kitosan [poli(1,4),- β -Dglukopiranosamin] merupakan polimer alam jenis polisakarida, berantai lurus merupakan turunan dari kitin yang berasal dari ekstraskeleton antropoda. Kitosan mempunyai derajat kereaktifan yang tinggi disebabkan karena adanya gugus amino bebas sebagai gugus fungsional. Kitosan bersifat bioaktif, *biodegradable*, dan sebagai antibakteri. Kitosan juga merupakan *plasticizer* karena mampu mengikat air (Erizal, 2013). Kitosan adalah polisakarida linear yang terbentuk dari pengulangan unit (tiap monosakarida ataupun disakarida) yang tergabung bersama dengan ikatan glikosidik (Radhiyatullah *et al.*, 2015).

Polietilen glikol (PEG) merupakan polimer etilen oksida. Polietilen biasanya digunakan sebagai pengemulsi, pemelastis, dan pelumas bahan tekstil. Polietilen memiliki sifat toksik yang rendah, tidak bersifat antigen, imunigen,

hidrofilik, dapat larut dalam air dan pelarut organik (Parra *et al.*, 2006). Polietilen glikol, dietilen glikol dan dimetilftalat merupakan beberapa jenis *plasticizer* yang banyak digunakan pada industri plastik. *Plasticizer* dari kelompok etilen glikol banyak digunakan pada industri plastik terutama untuk pembuatan serat poliester dan resin, termasuk polietilenterephthalate yang digunakan dalam produksi botol plastik untuk minuman ringan (botol PET) (Halasz *et al.*, 2013)

Salah satu *plasticizer* yang umum digunakan pada pembuatan pada plastik *biodegradable* yaitu gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastik karena memiliki berat molekul yang kecil, sehingga plastik yang dihasilkan lebih fleksibel, tidak rapuh, dan sifat mekanik serta kenampakannya tidak berubah selama penyimpanan (Rusli *et al.*, 2017). Pembuatan plastik *biodegradable* dengan menggunakan gliserol sebagai *plasticizer* mampu mengubah sifat plastik *biodegradable* menjadi lebih elastis.

Gliserol merupakan salah satu bahan penting dalam industri oleokimia. Oleokimia merupakan turunan dari minyak atau lemak seperti trigliserida. Trigliserida biasanya berasal dari hewan ataupun tumbuhan. Trigliserida terdiri dari asam lemak dan gliserol. Gliserol merupakan produk samping dari produksi biodisel minyak nabati (saponifikasi lemak). Gliserol digunakan dalam berbagai aplikasi komersial karena biayanya kompetitif dan ketersediaannya melimpah di dunia (Pham *et al.*, 2017).

Gliserol mudah untuk dicerna dan tidak beracun serta bermetabolisme bersama karbohidrat. Produk utama makanan yang tidak beracun adalah syarat utama untuk kontak langsung dengan konsumen. Sejak 1959, gliserol telah diakui

sebagai salah satu bahan pangan yang aman oleh *Food and Drug Administration* (Muin *et al.*, 2017). Sifat fisik dan kimia gliserol terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat fisik dan kimia Gliserol

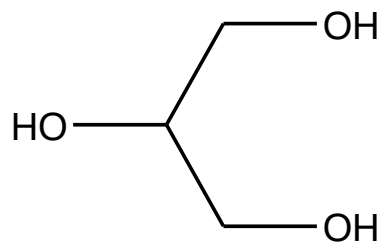
Sifat	Nilai
Wujud	Cair
Titik didih	290 °C pada 1013 hPa
Densitas	1,26 pada 20 °C
Viskositas	1410 mPa s pada 20 °C
Tegangan permukaan	63,4 Mn/m pada 20 °C

(Radhiyatullah *et al.*, 2015)

Gliserol merupakan senyawa golongan pehidrat yang memiliki tiga buah gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$ yang dikenal dengan nama 1,2,3 propanetriol. Gliserol mempunyai karakteristik seperti merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan memiliki rasa manis (Fadliyani, 2015). Gliserol termasuk jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air. Gliserol sebagai *plasticizer* dapat menurunkan gaya intermolekul sepanjang rantai polimer sehingga meningkatkan elastisitas dari plastik.

Gliserol meningkatkan jumlah cabang lateral dan dapat menghasilkan ujung bebas pada rantai polimer amilosa dan amilopektin yang menyebabkan peningkatan mobilitas rantai polimer pati (amorf) (Cozar, 2017). Selain itu, gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas plastik *biodegradable* menjadi semakin elastis, Perpanjangan putusnya lebih besar, menambah kuat tarik, menurunkan derajat kristalinitas dan menyebabkan plastik mudah terurai mikroorganisme (Sumartono, 2015).

Gliserol memiliki berat molekul rendah sehingga dapat masuk ke dalam matriks polimer polisakarida dengan mudah dan meningkatkan fleksibilitas dari plastik (Mulyadi *et al.*, 2016). Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk plastik *biodegradable* yang bersifat hidrofilik seperti pati. Gliserol dapat meningkatkan absorpsi molekul polar seperti air (Lestari, 2017). Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur gliserol (Fessenden, 1986)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan gliserol berpengaruh terhadap sifat fisik, sifat mekanik dan struktur plastik yang dihasilkan. Sifat fisik yaitu kandungan air dan derajat pengembangan meningkat seiring meningkatnya penambahan gliserol. Sifat mekanik yaitu elastisitas meningkat seiring meningkatnya penambahan gliserol dan maksimum pada penambahan 3 mL gliserol. Plastik *biodegradable* dengan penambahan 3 mL gliserol memiliki kuat tarik 27,49 N/mm², pemanjangan 0,107 N/mm², dan elastisitas 4,804 Mpa. Uji biodegradasi Semakin banyak gliserol yang ditambahkan semakin mudah plastik terdegradasi. Plastik *biodegradable* dengan penambahan 5 mL gliserol mengalami degradasi hingga 60,777%. Spektra FTIR menunjukkan puncak yang hampir sama antara plastik tanpa penambahan gliserol dengan penambahan gliserol. Data XRD menunjukkan derajat kristalinitas plastik tanpa penambahan gliserol lebih tinggi dibandingkan plastik dengan penambahan gliserol.

B. Saran

Penelitian ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi permukaan plastik yang dihasilkan serta untuk mengetahui posisi gliserol didalam plastik *biodegradable* menggunakan SEM.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Agusnar, Harry. 2014. Penentuan Derajat Kristalinitas Larutan Kitin dengan Variasi Waktu Penyimpanan Menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD). *Jurnal Sains Kimia*. Vol. 8, No. 2
- Akbar, F., Anita, Z., & Harahap, H. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 11–15.
- Amalia, N. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Kopolimer Pati Sagu (*Sago Starch*) dengan PEG 1000 Menggunakan Asam asetat Sebagai *Cross-linking Agent*. Jember.FMIPA. Universitas Jember
- Anggarini, F., Latifah, & Miswadi, S.S. 2013. Aplikasi *Plasticizer* Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*. [Http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs](http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs)
- Anita, Z., Akbar F., & Harahap H. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2, No. 2
- Ansyori, Isa. 2011. Bahaya Dioksin. *Jurnal Beranda Pusarpedal*. Vol. 3. ISSN: 2086-2202
- Aripin, S., Saing, B., Kustiyah, E., Bhayangkara, U., & Raya, J. 2017. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan *Plasticizer* Gliserol dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin*, 18–23.
- Ariska, Rizani E., & Suyatno. 2015. Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Edible Film Dari Pati Bonggol Pisang Dan Karagenan Dengan *Plasticizer* Gliserol. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. ISBN: 978-602-0951-05-8
- Augusto, A., & Alves, C. 2002. *Cassava Botany and Physiology*, 67-89
- Avèrous, L., & Pollet, E. 2012. *Biodegradable Polymers*. [Http://doi.org/10.1007/978-1-4471-4108-2](http://doi.org/10.1007/978-1-4471-4108-2)
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pemplastis Gliserol, 20(4), 22–30.
- Cozar, Onuc., Cioica, Nicolae., Cota, C., Nagy, Elena M., & Fechete, Radu. 2017. *Plasticizer Effect on Native Biodegradable Package Materials*. Doi: 10.1063/1.4972386