

**KARAKTERISASI *BIODEGRADABLE FILM* DARI SELULOSA AMPAS
BONGGOL NANAS DENGAN PENAMBAHAN *POLYLACTIC ACID* (PLA)
DAN PERBANDINGAN VARIASI GLISEROL**

(Skripsi)

Oleh

Novia Ismi Nurhidayah



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF BIODEGRADABLE FILM FROM CELLULOSE OF PINEAPPLE HUMP PULSES WITH ADDITION OF POLYLACTIC ACID (PLA) AND COMPARISON OF VARIATIONS OF GLYCEROL

By

Novia Ismi Nurhidayah

In this study, the manufacture and characterization of biodegradable films from pineapple cob pulp cellulose was carried out with the addition of PLA and a comparison of glycerol variations. This research was carried out in several stages, starting with isolation and characterization of cellulose and then making biodegradable film raw materials with variations in the addition of 10%, 20% and 30% glycerol plasticizer. The results obtained were observed using Fourier Transform Infrared Spectrophotometry (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), and biodegradation test. From this research, the cellulose was yellowish white in color and the results of the FTIR spectra of isolated cellulose and commercial cellulose did not show any difference. The FTIR results on the biodegradable film showed that at a wavelength of 1747 cm^{-1} which was the absorption of the C=O carbonyl group from PLA, while the addition of glycerol to the biodegradable film resulted in the absorption of -OH at a wavelength of 3333 cm^{-1} . The SEM results showed that the surface of the biodegradable film with the addition of 30% glycerol showed a flat and more homogeneous surface. In the biodegradation test, biodegradable films with 30% glycerol experienced the fastest degradation and were completely degraded. This indicated that glycerol had an effect on the degradation of biodegradable films.

Keywords: cellulose, biodegradable film, PLA, glycerol, biodegradation.

ABSTRAK

KARAKTERISASI *BIODEGRADABLE FILM* DARI SELULOSA AMPAS BONGGOL NANAS DENGAN PENAMBAHAN *POLYLACTIC ACID (PLA)* DAN PERBANDINGAN VARIASI GLISEROL

Oleh

Novia Ismi Nurhidayah

Pada penelitian ini, telah dilakukan pembuatan dan karakterisasi *biodegradable film* dari selulosa ampas bonggol nanas dengan penambahan PLA dan perbandingan variasi gliserol. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, diawali dengan isolasi dan karakterisasi selulosa kemudian pembuatan bahan baku *biodegradable film* dengan variasi penambahan *plasticizer* gliserol 10%, 20% dan 30%. Hasil yang diperoleh diamati dengan menggunakan *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, dan uji biodegradasi. Dari penelitian ini diperoleh selulosa bewarna putih kekuningan dan hasil spektra FTIR selulosa isolasi dan selulosa komersil tidak menunjukkan perbedaan. Hasil FTIR pada *biodegradable film* menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 1747 cm^{-1} yang merupakan serapan dari gugus karbonil $\text{C}=\text{O}$ dari PLA, sedangkan Penambahan gliserol pada *biodegradable film* mengakibatkan adanya serapan-OH pada panjang gelombang 3333 cm^{-1} . Hasil SEM menunjukkan permukaan *biodegradable film* dengan penambahan gliserol 30 % menunjukkan permukaan yang rata dan lebih homogen. Dalam uji biodegradasi *biodegradable film* dengan gliserol 30% mengalami degradasi tercepat dan terdegradasi sempurna, hal ini menunjukkan bahwa gliserol berpengaruh terhadap degradasi *biodegradable film*.

Kata Kunci : selulosa, *Biodegradable film*, PLA, gliserol, biodegradasi.

**KARAKTERISASI *BIODEGRADABLE FILM* DARI SELULOSA AMPAS
BONGGOL NANAS DENGAN PENAMBAHAN *POLYLACTIC ACID (PLA)*
DAN PERBANDINGAN VARIASI GLISEROL**

Oleh

Novia Ismi Nurhidayah

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

**: KARAKTERISASI BIODEGRADABLE FILM DARI
SELULOSA AMPAS BONGGOL NANAS DENGAN
PENAMBAHAN POLYLACTIC ACID (PLA)
DAN PERBANDINGAN VARIASI GLISEROL**

Nama Mahasiswa

: Novia Ismi Nurhidayah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1617011004

Jurusan

: Kimia

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Dr. Eng. Surtpto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.
NIP 19700705 200501 1 003

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

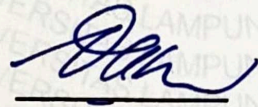
Mulyono, Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

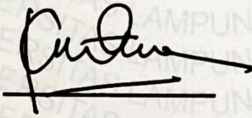
Ketua

: Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.



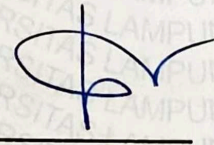
Sekretaris

: Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.

NIP.19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Desember 2022

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novia Ismi Nurhidayah
Nimor Pokok Mahasiswa : 1617011004
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul ” **Karakterisasi *Biodegradable Film* dari Selulosa Ampas Bonggol Nanas dengan Penambahan *Polylactic Acid* (PLA) dan Perbandingan Variasi Gliserol**” adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagai mestinya.

Bandar Lampung, 14 Desember 2022

Yang Menyatakan,



The image shows a handwritten signature in black ink over a yellow rectangular stamp. The stamp contains the text 'METERAN TEMPEL' and a serial number '43DAJX578364566'. To the left of the stamp is a vertical black bar with the text 'SEKUTUP BUKU' written vertically.

Novia Ismi Nurhidayah
NPM. 1617011004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pusat Damai, Kalimantan Barat pada tanggal 27 November 1998 sebagai anak kedua dari empat bersaudara, putri dari Bapak Isman Radi dan Ibu Domi Vera. Penulis mulai menempuh pendidikan pada tahun 2004 di SD Mis Al-Wardah Balai Karangan, kemudian menyelesaikan pendidikan di MTS Negeri Sekayam pada tahun 2013 dan SMA Negeri 1 Sekayam Balai Karangan pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa jurusan kimia, fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam, Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur Seleksi Undangan Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan lulus ditahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia, penulis pernah mendapatkan beasiswa BIDIKMISI pada semester 1 hingga 8. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) sebagai Kader muda HIMAKI anggota Bidang Sosial dan Masyarakat periode 2016-2017 dan mengikuti beberapa lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional.

Pada Tahun 2019, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukaraja, Kecamatan Batu Brak , Kabupaten Lampung Barat pada bulan Juli hingga Agustus. Pada tahun 2020 penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dan penelitian di Laboratorium Kimia Organik Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya,
sholawat serta salam semoga selalu melimpah kepada suri tauladan umat,
Nabi Muhammad SAW.



Dengan segala kerendahan hati, kupersempahkan karya kecilku ini
Kepada :

Orangtuaku terkasih

Bapak Isman Radi dan Ibu Domi Vera

Yang sudah merawat, menyayangi dan mencintai aku penuh ketulusan .
Selalu mendoakanku dan mendukung setiap langkahku menuju kesuksesan .
Terimakasih atas segala pengorbanan yang takkan pernah bisa ku balas
dengan apapun dan sampai kapanpun.

Seluruh Keluargaku terutama Bibiku (Tenhida) dan Paman (Jumaidi Arif)

Terimakasih atas doa, dukungan dan pengorbanan yang telah diberi.

Kakak serta adik-adikku

Atas Keceriaan serta selalu memberikan semangat dan doa terbaik.

Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., Bapak Dr. Agung Abadi K., S.Si., M.Sc., dan Bapak Dr. Sonny Widiarto. M.Sc.

Terimakasih atas ilmu, nasihat, dan kesabarannya dalam membimbing
selama saya menempuh pendidikan di FMIPA Universitas Lampung.

Segenap Dosen dan staff akademika yang telah mendidik dan memberi
teladan baik selama saya menempuh pendidikan sarjana.

Sahabat dan teman-temanku

dan

Almamater Tercinta

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamiin. Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, karunia, serta perlindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung dengan judul : ” **Karakterisasi *Biodegradable Film* dari Selulosa Ampas Bonggol Nanas dengan Penambahan *Polylactic Acid* (PLA) dan Perbandingan Variasi Gliserol**”.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada suri tauladan umat, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabatnya dan semoga melimpah kepada kita semua selaku umatnya. *Amin ya robbal 'alamin*.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah turut serta membantu penulis. Oleh karena itu, melalui tulisan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Isman Radi dan Ibu Domi Vera yang sangat aku cintai. Terimakasih pak, terimakasih sudah menjadi lelaki hebat yang selalu memberikan semangat , dukungan, cinta, dan kasih sayang kepadaku. Aku sangat berterimakasih dan bersyukur sekali kepada Allah SWT yang telah menjadikanku sebagai anak dari seseorang lelaki hebat sepertimu pak. Terimakasih atas segala kerja keras dan usaha bapak sejak aku lahir hingga mengenyam pendidikan yang baik. Untuk Mama, wanita hebat dan kuat yang selalu memberikan semangat dan doa untuk

kesuksesanku. Terimakasih, Ma. Aku tidak bisa menuliskan setiap bulir rasa syukur dan terimakasih atas segala yang sudah mama berikan untukku. Gelar yang kuraih saat ini adalah hanya hadiah kecil yang saat ini dapat aku berikan untuk kalian sebagai ucapan terimakasihku karena telah mendoakan kesuksesanku dan Allah SWT kabulkan. Entah kalimat apa yang dapat aku ungkapkan selain rasa syukur dan terimakasih. Hanya Allah SWT yang dapat membalas segala kebaikan kalian.

2. Untuk Bibi (Tenhida) dan Pamanku (Jumaidi Arif), Terimakasih atas dukungan, doa dan pengorbanan kalian selama aku menempuh pendidikan di UNILA dan selama merantau di Lampung mereka sudah aku anggap seperti orang keduaku. Semoga Allah SWT membalas jasa dan kebaikan Ibu serta melimpahkan keberkahan selalu.
3. Untuk kembaranku , Novi Vera Nurhidayah .Terimakasih selalu menjadi adik yang senantiasa selalu membantu, mendengarkan keluh kesahku, menjadi pengingat ,penguat serta penyemangatku untuk sama-sama berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan.
4. Untuk saudara laki-laki, abangku (Renaldi Septian Edo) dan adik-adikku (Muhammad Rizal dan Fahri) terimakasih atas semua doa-doa dan keceriaan kalian. Aku sadar belum bisa menjadi kakak atau adik yang baik seperti apa yang kalian harapkan tetapi doa-doaku juga selalu menyertai kalian .
5. Keluarga Besar Matdesih dan semua keluargaku tersayang ,terimakasih atas doa-doa kalian
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.selaku Pembimbing I yang telah membimbing, mendidik , memotivasi, memberikan semangat kepada penulis selama penelitian dan menulis skripsi ini Semoga Allah SWT membalas jasa dan Kebaikan Bapak serta melimpahkan keberkahan selalu.
7. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono., M Sc. selaku Pembimbing II dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, dan memberikan semangat kepada penulis selama penelitian dan menulis

skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas jasa dan kebaikan Ibu serta melimpahkan keberkahan selalu.

8. Bapak Dr. Sonny Widiarto., M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, mendidik, memotivasi, dan memberikan semangat kepada penulis selama penelitian dan menulis skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas jasa dan kebaikan Bapak serta melimpahkan keberkahan selalu.
9. Seluruh dosen , Staff Laboran, dan Karyawan FMIPA Universitas Lampung.
10. Teruntuk Romli Raharja lawan debatku yang tak pernah lelah mendengarkan keluh kesahku, terima kasih telah membantu segala hal, menasihati, menyemangati hingga aku menyelesaikan kuliah. You're my Human diary and someone special.
11. Sahabatku, wanita hebat yang dari awal aku jadi anak rantauan datang ke Bandar Lampung, Laila Hidayah terima kasih telah menjadi teman terbaik sampai saat ini atas suka duka, sedih senang , tempat curhat yang baik, nasihat serta motivasi, dan menjadi penyemangat untuk menghadapi kerasnya dunia perkuliahan .Semoga Allah SWT memudahkan setiap langkahmu menuju kesuksesan dan semoga kita dipertemukan kembali dikemudian hari.
12. Bestie-bestie aku, Istikomah, Tirza Juita Putri Lanyo, Rika Meliana Putri, Anita Anggahini Terima kasih buat kalian telah menjadi moodboster dan suka duka berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan perkuliahan ini. Tanpa kalian mungkin aku tak setegar sekarang hingga bisa menyelesaikan perkuliahan sampai sekarang. Selalu jadi orang yang baik ya teman-teman, perpisahan pasti terjadi tapi kalian tetap dihati. Semoga Allah SWT memudahkan setiap langkah kalian menuju kesuksesan dan mempertemukan kita kembali.
13. Teman-teman satu perjuangan penelitian, Tirza, Rani, Upik dan anan. Terima kasih telah menjadi teman

14. Teman seperjuangan perkuliahan khususnya angkatan 2016 atas segala bantuan dan motivasi, semoga Allah mempermudah segala urusan dan memberikan karir terbaik untuk kalian.
15. Rekan –rekan yang pernah atau sering bertanya ‘Kapan Lulus?’, “kapan wisuda”, ‘kapan memiliki gelar?’. dan kapan-kapan lainnya. Terimakasih pernah bahkan sering juga bertanya akan hal itu, karena pertanyaan-pertanyaan kalian membuatku sadar untuk menyelesaikan tanggung jawab. *Alhamdulillahirobbil’alamin*, akhirnya penulis dapat menyelesaikan studi ini dan sudah menjawab pertanyaan kalian yang secara tidak langsung menyemangati penulis. Hehe. Terimakasih, ya!
16. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
17. Orang-orang yang selalu Allah SWT kirim dan dipertemukan dengan penulis untuk memberikan motivasi bahkan mengingatkan penulis akan rasa syukur yang telah diberikan, juga semangat untuk menghadapi hidup kedepan. Kita selalu dipertemukan dengan cara yang terkesan sedikit aneh, namun dengan cara itu penulis mengambil banyak pelajaran dalam pertemuan yang singkat itu.
18. Almamater Universitas Lampung.
19. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penulisan skripsi, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah membalas kebaikan dengan berkali-kali kebaikan dan kemudahan atas urusannya.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk kita semua.

Bandar Lampung,

Penulis

Novia Ismi Nurhidayah

Motto

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا أَصْبِرُوا وَصَابِرُوا
وَرَابِطُوا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

“Wahai orang-orang yang beriman! Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap-siaga (di perbatasan negerimu) dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung.”

Q.S. Ali Imran : 200

“Kamu harus berproses, berjuang, dan terus berusaha. Ketika jalan yang kamu lalui terasa susah, kamu tidak boleh menyerah. Hidup hanya sekali dan tantangan akan selalu menghampiri. Ubah setiap kesulitan menjadi peluang dan pantaskan dirimu untuk menjadi seorang pemenang.”

(Marry Riana)

Start now. Start where you are. Start with fear. Start with pain. Start with doubt. Start with hand shaking. Start with voice trembling: but start. Start and don't stop. Start where you have, Just start”.

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR.....	v
---------------------------	----------

DAFTAR TABEL	vii
---------------------------	------------

I. PENDAHULUAN	1
-----------------------------	----------

A.Latar Belakang	1
------------------------	---

B.Tujuan Penelitian	3
---------------------------	---

C.Manfaat Penelitian	3
----------------------------	---

II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
----------------------------------	----------

A.Nanas (<i>Ananas comosus</i> L.)	5
---	---

B.Selulosa	7
------------------	---

C.Plastik <i>Biodegradable</i>	11
--------------------------------------	----

D. <i>Poly Lactic Acid</i> (PLA)	13
--	----

E.Gliserol sebagai <i>Plasticizer</i>	15
---	----

F. <i>Fourier Transform Infrared Red Spectroscopy (FTIR)</i>	16
--	----

G.Biodegradasi.....	19
---------------------	----

H. <i>Scanning Electron Microscopy</i>	19
--	----

III. METODE PENELITIAN.....	21
------------------------------------	-----------

A.Tempat dan Waktu Penelitian	21
-------------------------------------	----

B.Alat dan Bahan.....	21
-----------------------	----

C.Prosedur Penelitian.....	22
----------------------------	----

1. Persiapan Bahan Baku.....	22
------------------------------	----

2. Isolasi Selulosa Limbah Padat Bonggol Nanas.....	22
3. Pembuatan <i>Biodegradable film</i>	22
4. Karakterisasi.....	23
D.Diagram Alir	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A.Isolasi Selulosa dari Limbah Padat Bonggol Nanas	26
B.Pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	30
C.Karakteristik <i>Biodegradable Film</i>	32
1. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	32
2. Karakteristik <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	34
3. Uji Biodegradasi.....	36
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	39
A.Simpulan	39
B.Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	47
Lampiran 1. Data Hasil Uji FTIR.....	48
Lampiran 2. Data Uji SEM.....	50
Lampiran 3. Data Uji Biodegradasi.....	51
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur polimer selulosa	8
2. Struktur Lignoselulosa	9
3. Siklus produksi dan degradasi <i>biodegradable polymer</i>	12
4. Struktur poli asam Laktat.	13
5. Struktur gliserol.....	15
6. Proses Isolasi Selulosa.....	27
7. Mekanisme Reaksi Pemutusan Ikatan Lignin dengan Selulosa.....	28
8. Perbandingan Hasil Spektrum IR.....	29
9. Spektrum Infrared dari <i>Biodegradable Film</i>	32
10. Hasil Gambar SEM Variasi Gliserol.....	34
11. Spektrum. PLA/ gliserol 10%.....	48
12. Spektrum. PLA/ gliserol 20%.....	48

13. Spektrum. PLA/ gliserol 30%.....	49
14. Morfologi permukaan film PLA/ gliserol 10%.....	50
15. Morfologi permukaan film PLA/ gliserol 20%.....	50
16. Morfologi permukaan film PLA/ gliserol 30%.....	50
17. Proses Uji Biodegradasi	51
18. Proses Isolasi Selulosa.....	52
19. Proses pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Lignoselulosa kulit dan bonggol nanas.....	7
2. Sifat fisik dan mekanik PLA	14
3. Korelasi inframerah.....	18
4. Konsentrasi <i>Biodegradable film</i>	23
5. Hasil FTIR Selulosa Komersil dan Selulosa Isolasi.....	30
6. Karakterisasi <i>Biodegradable Film</i>	31
7. Bilangan Gelombang PLA.....	33
8. Hasil Uji Biodegradasi	37

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil. Polimer plastik yang tidak mudah terurai secara alami mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah dan menjadi penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahayanya limbah plastik, saat ini telah dikembangkan plastik *biodegradable*. Bahan baku plastik *biodegradable* merupakan sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) secara keseluruhan seperti dari bahan tanaman pati, selulosa, dan hewan seperti cangkang atau mikroorganisme (Putra, 2015).

Dampak negatif yang ditimbulkan plastik, seperti terjadinya perpindahan zat penyusun plastik ke makanan. Zat penyusun plastik seperti vinilklorida, akrilonitril, klorida, dan stirena berpotensi cukup tinggi menimbulkan penyakit kanker juga penyakit lainnya pada manusia. Plastik juga menjadi sumber masalah utama pada lingkungan karena sulit rusak, apabila dibakar menghasilkan zat beracun seperti dioksin, dan bila didaur ulang biaya yang dibutuhkan lebih besar dari proses pembuatan (Ilmiawati *et al.*, 2017).

Plastik sintesis umumnya terbuat dari minyak bumi yang terbukti mencemari lingkungan atau tidak ramah lingkungan dan sulit terurai oleh mikroorganisme dalam

tanah (*non biodegradable*) (Salim, 2018), maka jenis mikroplastik diubah menjadi bioplastik atau *biodegradable film*. *Biodegradable film* dapat pula diartikan sebagai suatu material polimer yang berubah menjadi senyawa dengan berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Latief, 2001). Kelebihan sumber yang dapat diperbaharui ini bersifat biodegradasi, tidak beracun, tidak menyebabkan kanker, juga ramah lingkungan karena materialnya berasal dari produk pertanian (Liu *et al.*, 2013). Disisi lain, banyak sekali limbah hasil pertanian yang dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa diolah lebih lanjut, seperti: ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit, serat daun nanas, dan lain-lain. Hal ini menjadi pendorong untuk memanfaatkan limbah- limbah tersebut yaitu limbah bonggol buah nanas sebagai bahan utama dalam pembuatan selulosa pada plastik *biodegradable* dikarenakan bonggol nanas memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi. Karbohidrat memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan misalnya rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Bahan utama yang juga sering digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* ialah *Polylactic Acid* (PLA) (Coniwanti *et al.*, 2014).

Polylactic Acid (PLA) adalah poliester yang berasal dari sumber daya terbarukan, yaitu proses dipolimerisasi asam laktat (2-hidroksi asam propionat) (Savioli *et al.*, 2012). PLA banyak dikembangkan karena memiliki sifat mekanik dengan tekanan yang lebih tinggi dibanding polimer lain seperti *High Density Polyethylene* (HDPE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) (Ge *et al.*, 2013), tahan panas dan polimer elastis (Handayani, 2013), rigid dan rapuh dengan nilai elongasi sangat rendah yaitu kurang dari 10% (Rasal dan Hirt, 2009), dan terurai secara alami dalam hitungan bulan dan tidak menghasilkan zat beracun (Liu *et al.*, 2013). Dalam proses pembuatan *biodegradable film* ditambahkan kitosan dan *plasticizer* gliserol. *Plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer. Penggunaan kitosan sebagai penguat dari plastik *biodegradable* bertujuan untuk

memperbaiki sifat fisik, sifat mekanik dan melindungi film plastik dari mikroorganisme yang dapat merusak film plastik.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi pemanfaatan limbah hasil pertanian limbah bonggol nanas sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*.
2. Membuat *biodegradable film* dari selulosa ampas bonggol buah nanas Dengan tambahan *Polylactic acid* dan variasi gliserol.
3. Mengkarakterisasi *biodegradable film* menggunakan *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Dan uji biodegradasi.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang

1. Memanfaatkan limbah hasil pertanian sebagai bahan baku pembuatan kemasan makanan alternatif.
2. Menurunkan tingkat pencemaran lingkungan berupa pembuangan limbah plastik ke lingkungan sekitar.
3. Memberikan informasi karakterisasi dari *biodegradable film* dengan penambahan *Polylactic Acid (PLA)* dan variasi gliserol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanas (*Ananas comosus*L.)

Tanaman nanas mempunyai nama botani *Ananas comosus* (L.) Merr. Tanaman nanas jika diklasifikasikan termasuk tanaman berbunga. Klasifikasi dari tanaman nanas adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Farinosae
Subordo	: Comelinidae
Fanilia	: Bromeliaceae
Genus	: Ananas
Spesies	: Ananas comosus

Nanas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus*. Dalam bahasa Inggris disebut *pineapple* dan orang-orang Spanyol menyebutnya *pina*. Nanas sering disebut *bromeliad* dengan lebih dari 2400 kerabat yang memiliki penampilan menarik. Tanaman nanas termasuk familia nanas-nanasan. Tanaman ini adalah tanaman tropis yang berasal dari Brazilia, Bolivia, dan Paraguay di Amerika Selatan. Buah nanas bukan buah sejati, melainkan gabungan buah-buah sejati yang bekasnya terlihat dari setiap sisik pada kulit buah.

Dalam perkembangannya tergabung bersama dengan tongkol buah. Nanas merupakan tanaman buah yang buahnya selalu tersedia sepanjang tahun. Buahnya buah buni majemuk dengan bentuk bulat panjang berdaging, dan berwarna hijau. Jika masak, buah berwarna kuning. Rasa buah nanas manis hingga asam manis. Varietas nanas yang ditanam di Indonesia termasuk jenis *cayenne* dan *queen*.

Nanas tumbuh diberbagai agroklimat sehingga tanaman ini tersebar luas yang ketinggiannya 100-1000 m dpl dengan suhu rata- rata 21-30 °C. Curah hujan yang dibutuhkan 635-2500 mm per tahun, dengan bulan basah (curah hujan >200 mm) 3-4 bulan. Namun, juga memerlukan pencahayaan matahari 33-71 % dari pencahayaan maksimum dengan angka tahunan rata-rata 2000 jam. Umumnya nanas toleran terhadap kekeringan. Pada daerah yang beriklim kering dengan 4-6 bulan kering. Tanaman nanas masih mampu berbuah, asalkan daerah tersebut memiliki kedalaman air yang cukup, yakni 50-150 cm. Nanas memiliki akar yang dangkal tetapi mampu menyimpan air (Agromedia,2009).

Penanaman nanas di dunia berpusat di negara-negara Brazil, Hawaii, Afrika Selatan, Kenya, Pantai Gading, Mexico dan Puerte Rico. Di Asia tanaman nanas ditanam di negara-negara Thailand, Filipina, Malaysia dan Indonesia yang terdapat di daerah Sumatera Utara, Jawa Timur, Riau, Sumatera Selatan dan Jawa Barat (Kementrian Pertanian, 2013). Menurut Informasi Komoditas Holtikultura (2013) Provinsi Lampung merupakan sentra produksi nenas terbesar di Indonesia. Produksi nanas di Provinsi Lampung pada tahun 2013 mencapai 722.620 ton (Badan Pusat Statistik, 2014). Kabupaten dengan produksi nanas terbesar ialah Kab. Lampung Tengah dengan produksi 50.420 ton atau 99,78% dari total produksi nanas Provinsi Lampung. Tingginya produksi nanas di Lampung Tengah sejalan adanya agroindustri pengolahan nanas terbesar di dunia yang mampu memproduksi nanas kaleng hingga 200.000 ton per tahun.

Semakin tinggi produksi nanas kaleng maka semakin tinggi pula produksi limbahnya. Salah satu limbah padat dari pabrik penghasil nanas kaleng ialah ampas bonggol nanas. Pada pabrik pengalengan nanas hanya daging buah yang dimanfaatkan dari keseluruhan buah nanas yaitu batang dan daun digunakan untuk pembibitan serta kulit dan bonggol nanas diekstrak menjadi jus nanas. Ampas dari jus nanas pada suatu industri pengolahan nanas di Provinsi Lampung mencapai 4 ton/hari (Badan Pusat statistik Kabupaten Lampung Tengah, 2017). Limbah dari hasil pengolahan nanas dapat digunakan untuk pembuatan selulosa dari limbah bonggol nanas. Penelitian – penelitian sebelumnya menganalisa kandungan lignoselulosa pada kulit dan bonggol nanas terdapat pada Tabel 1.

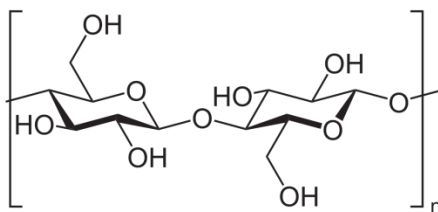
Tabel 1. Kandungan Lignoselulosa kulit dan bonggol nanas

	Kulit (Chaokaur <i>et al.</i> ,2009)	Bonggol (Pardo <i>et al.</i> , 2014)
Selulosa	23,39 %	28,53 %
Hemiselulosa	42,72 %	24,53%
Lignin	4,03 %	5,78%

B. Selulosa

Selulosa merupakan polimer alam yang paling melimpah, biokompatibel, dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi, tidak beracun, serta dapat diperbarui. Bahan dasar selulosa adalah glukosa dengan rumus $C_6H_{12}O_6$. Molekul-molekul glukosa disambung menjadi molekul-molekul besar, panjang dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Selulosa menjadi bahan dasar yang penting bagi industri-industri yang memakai selulosa sebagai bahan baku, misalnya pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan lain sebagainya

(J.F. Dumanauw, 1990). Selulosa belakangan ini digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam industri dan menyebabkan permintaan selulosa terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya cadangan bahan baku yang berasal dari sumber daya alam tak terbarukan. Meskipun demikian, selulosa masih belum dapat dimanfaatkan di berbagai bidang karena kesukaran dalam pemrosesan akibat adanya ikatan hidrogen intra- dan antarmolekul yang kuat pada struktur selulosa (Song et al. 2008). Berikut ini adalah struktur polimer selulosa yang dapat dilihat pada Gambar 1.

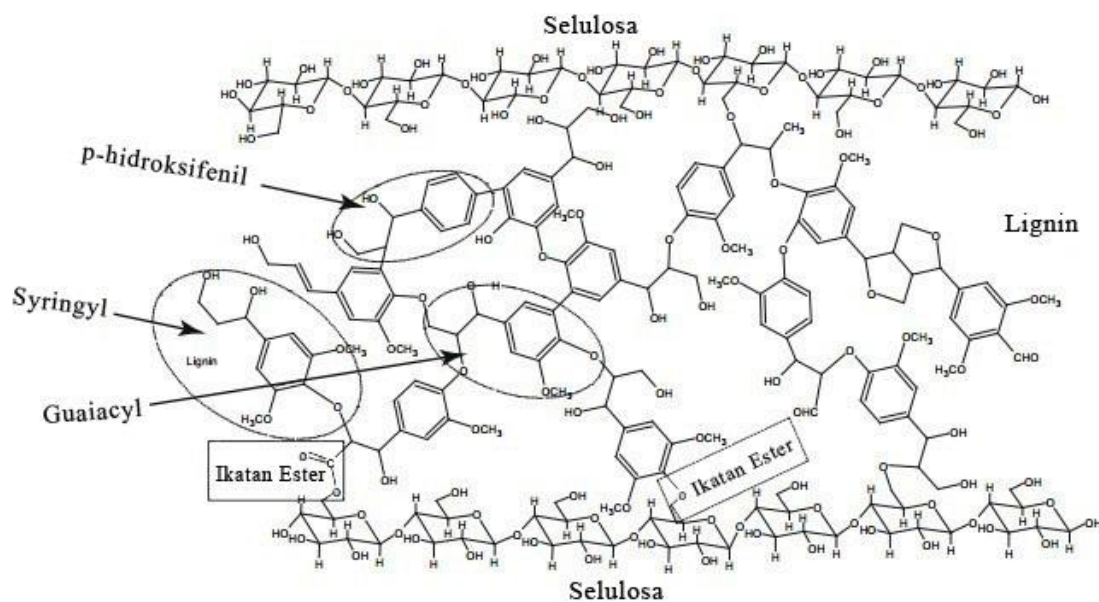


Gambar 1. Struktur polimer selulosa (Mulyadi, 2019)

Gambar 1 menunjukkan struktur selulosa yang merupakan polimer tak bercabang dari unit anhidroglukosa yang dihubungkan oleh ikatan glukosidik β 1,4. Serat selulosa adalah sangat halus dan fleksibel. Hidrolisis lengkap dalam HCl 40% dalam air hanya menghasilkan D-glukosa. Disakarida yang terisolasi dari selulosa yang terhidrolisis sebagian adalah selobiosa, yang dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi D-glukosa dengan suatu katalis asam dengan emulsin enzim. Selulosa sendiri tidak mempunyai karbon hemiasetal, selulosa tidak dapat mengalami *mitarotasi* atau dioksidasi oleh *reagensia* seperti *reagensia Tollens*. Dilihat dari strukturnya, selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Adanya gugus OH, pada selulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Dengan demikian selulosa dan hemiselulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. Mekanisme penyerapan yang terjadi antara gugus –OH

yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion.

Keberadaan selulosa di alam tidak dalam bentuk murni tetapi masih dalam bentuk lignoselulosa seperti terlihat pada gambar 2. Pada jaringan tumbuhan kayu, selulosa dapat ditemukan bersamaan dengan hemiselulosa, pati dan lignin. Gabungan antara selulosa, hemiselulosa, dan lignin disebut lignoselulosa (Rowell, 2005). Dari gambar 2 terlihat bahwa keberadaan antara selulosa dan lignin terikat satu sama lain sehingga dibutuhkan metode tertentu untuk memisahkan antara selulosa dengan ligninnya.



Gambar 2. Struktur Lignoselulosa (zhou *et al.*, 2010)

Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglukosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglukosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- β -glukosida membentuk molekul berantai yang panjang dan linier. Gugus hidroksil ini telah dimanfaatkan untuk memodifikasi selulosa dengan memasukkan

gugus fungsi tertentu pada selulosa melalui teknik pencangkakan. Gugus hidroksil pada C2 dan C3 adalah gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon sekunder, sedangkan gugus hidroksil pada C6 terikat pada atom karbon primer. Kereaktifan dan kemasaman gugus hidroksil primer dan sekunder ini berbeda dengan memilih monomer yang tepat, maka kekuatan mekanik dan stabilitas termal material berbasis selulosa yang dimodifikasi dengan teknik pencangkakan dapat ditingkatkan (Princi *et al.*, 2005). Struktur kimia dari monomer yang tercangkak ke selulosa akan mempengaruhi sifat dari selulosa tersebut. Reaktifitas selulosa dapat ditingkatkan melalui proses pengembangan selulosa. Penyerapan air atau pelarut tertentu dapat menyebabkan pengembangan selulosa. Pengembangan selulosa merupakan tahapan yang diperlukan pada proses esterifikasi selulosa. Pengembangan selulosa dapat mempermudah pereaksi mencapai daerah kristalin. Kecepatan asetilasi pada selulosa yang telah mengalami pengembangan meningkat sekitar tiga kali lebih cepat daripada selulosa yang tidak mengalami pengembangan.

Mekanisme pemecahan selulosa oleh mikroorganisme selulolitik dihambat oleh adanya lignin yang membungkus molekul selulosa dan sangat dipengaruhi oleh derajat polimerisasi dan derajat kristalisasi. Selama derajat polimerisasi, derajat kristalisasi dan kandungan lignin tinggi, selulosa akan sulit untuk dihidrolisis. Pada kondisi demikian, produktivitas mikroorganisme sulit dalam menghasilkan enzim selulosa akan rendah.

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibagi atas tiga jenis (Nuringtyas, 2010), yaitu:

1. Selulosa α (Alpha Cellulose) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 600 – 15000. α – selulosa dipakai sebagai penduga dan atau tingkat kemurnian selulosa. Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.
2. Selulosa β (Beta Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan

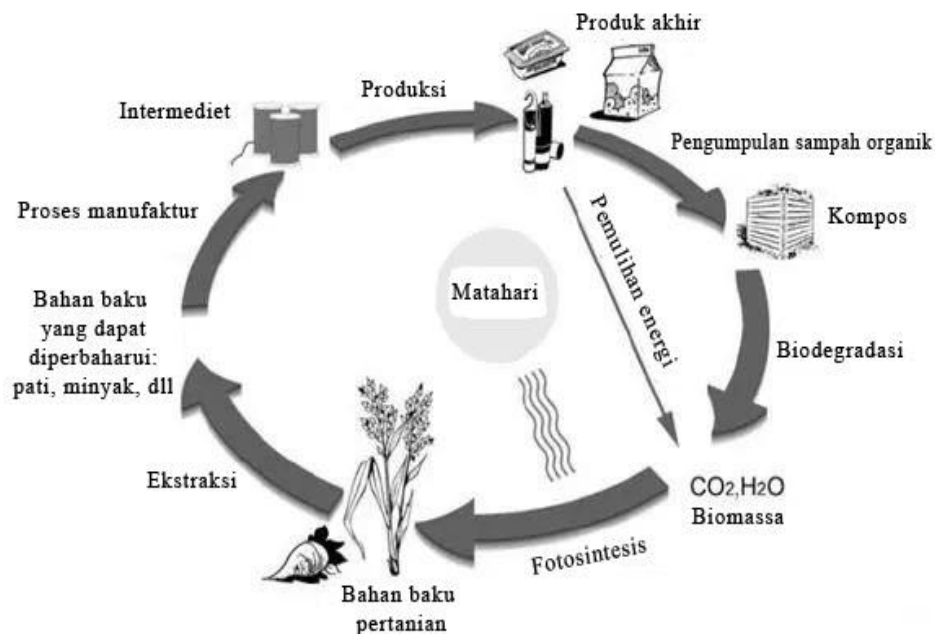
NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan.

3. Selulosa γ (Gamma Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa.

Selulosa sering digunakan dalam pembuatan plastik. Selulosa yang akan digunakan pada penelitian ini adalah α – Selulosa (Alpha Cellulose) dengan konsentrasi NaOH sebesar 20 %. Proses delignifikasi dengan menggunakan larutan alkali (NaOH 20 %) mampu melarutkan komponen lignin dan sebagian komponen hemiselulosa serta menaikkan aksesibilitas pada permukaan lignoselulosa sehingga dapat meningkatkan jumlah kadar selulosa. Selulosa mempunyai sifat seperti kristalin dan tidak mudah larut dalam air walaupun polimer ini sangat hidrofilik. Hal ini disebabkan oleh sifat kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil (Mulder, 1996).

C. Plastik *Biodegradable*

Plastik dari bahan alami yang dapat terdegradasi dalam waktu singkat disebut plastik *biodegradable* atau bioplastik. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik ramah lingkungan, karena sifatnya yang dapat kembali ke alam (Pranamuda, 2001). Plastik *biodegradable* terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak, sehingga tidak beracun, tidak menyebabkan kanker, dan ramah lingkungan (Liu *et al.*, 2013). Siklus produksi dan degradasi polimer alam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus produksi dan degradasi *biodegradable polymer*

(IBAW Publication, 2005)

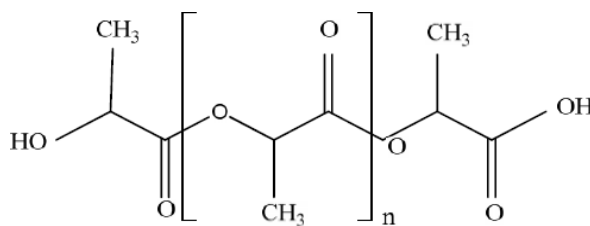
Plastik *biodegradable* telah berkembang lebih dari 10 tahun, namun perkembangan secara komersial sangat lambat. Harga yang mahal dan sifat beda dari plastik konvensional menjadi salah satu penyebab utama, namun dengan isu menipisnya cadangan minyak bumi maka bioplastik akan menjadi kompetitif dibanding plastik lain. Polimer alami seperti makromolekul yang terdapat pada tanaman dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable*. Molekul kecil seperti gula, disakarida, dan asam lemak dari tanaman juga dapat digunakan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Bahan utama yang sering digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* ialah pati dan *Polylactic Acid* (PLA) (Coniwanti *et al.*, 2014). Penelitian ini menggunakan PLA karena memiliki sifat mekanik yang bagus, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pengemas (Pulungan *et al.*, 2015).

D. *Poly Lactic Acid (PLA)*

Polylactic Acid (PLA) adalah poliester linear alifatik yang berasal dari sumber daya terbarukan, yaitu proses dipolimerisasi asam laktat (2-hidroksi asam propionat) (Savioli *et al.*, 2012). Proses produksi PLA adalah dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum. Poliasam laktat atau PLA ialah polimer yang bersifat *biodegradable*, *thermoplastic*, serta *polyester* alifatik yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung atau tanaman tebu (Inkinen *et al.*, 2011). Struktur PLA terdiri dari kumpulan monomer asam laktat yang diikat oleh ikatan ester.

PLA memiliki beberapa gugus hidroksil pada ujung rantai, membuat PLA dapat terdegradasi alami oleh cahaya, bakteri, maupun proses hidrolisis. Gugus ester membuat PLA sensitif terhadap hidrolisis kimia maupun enzimatik. Kemampuan degradasi PLA dalam tubuh tidak menimbulkan efek bahaya dan dapat dikeluarkan oleh sistem ekskresi tubuh (Wulan, 2011). Sifat fisik dan mekanik PLA (Tabel 2) dapat berkurang jika dicampur dengan polimer lain yang memiliki sifat fisik dan mekanik lebih rendah (Lu dan Chen, 2004).

PLA dikatakan kurang menguntungkan karena harga yang relatif mahal, namun mempunyai kelebihan yaitu ramah lingkungan dan dapat terdegradasi secara alami dalam jangka waktu beberapa bulan. Polimer sintetis umumnya berasal dari bahan petroleum, PLA berasal dari sumber yang dapat diperbaharui yaitu tumbuhan yang memiliki kandungan pati seperti ubi kayu, ubi jalar, pisang, dan jagung (Sin *et al.*, 2012).



Gambar 4. Struktur poli asam laktat (Averous dan Boquillon, 2004).

PLA memiliki beragam aplikasi, antara lain bidang medis, kemasan, dan tekstil. PLA sudah lama digunakan sebagai benang jahit operasi, bahan pembungkus kapsul, juga dikembangkan dalam perbaikan jaringan tubuh manusia. PLA telah dikembangkan untuk pembuatan kantong plastik (*retail bags*), kontainer, bahkan *edible film* untuk sayuran dan buah. Bentuk film dan foam digunakan untuk pengemas daging, produk susu atau roti, juga digunakan dalam bentuk botol dan cangkir sekali pakai untuk kemasan air, susu, jus, dan minuman lain. Piring, mangkok, nampan, tas, film pertanian merupakan penggunaan lain dari PLA. PLA juga diaplikasikan untuk pembuatan kaos dan tas di bidang industri, bahkan sudah dikembangkan sebagai bahan dasar pembuatan *compact disc* (CD) oleh Sanyo (Sin *et al.*, 2012). Pada Tabel 2 dapat dilihat beberapa sifat fisik dan mekanik dari PLA.

Tabel 2. Sifat fisik dan mekanik PLA

Sifat PLA	Keterangan
Kerapatan	1,25 g/cc
Titik Leleh	161°C
Kristalinitas	0,01%
Temperatur peralihan kaca	61°C
Modulus	2050 Mpa
Regangan	9%
Biodegradasi	100
Permeabilitas air	172 g/me
Tegangan permukaan	50 N.nm

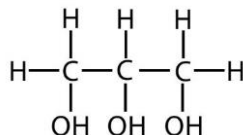
Sumber : (Lu dan Chen,2004)

Menurut Botelho *et al.* (2004), kelebihan PLA dibandingkan dengan plastik yang terbuat dari minyak bumi adalah sebagai berikut:

1. *Biodegradable*, dapat diuraikan secara alami di lingkungan oleh mikroorganisme.
2. *Biocompatible*, dimana pada kondisi normal, jenis plastik ini dapat diterima oleh sel atau jaringan biologi.
3. Diperoleh dari bahan yang dapat diperbaharui (termasuk sisa industri) dan bukan dari minyak bumi.
4. 100% *recyclable*, melalui hidrolisis asam laktat dapat diperoleh dan digunakan kembali sebagai aplikasi yang berbeda atau bisa digabungkan untuk menghasilkan produk lain.
5. Produksi PLA tidak menggunakan pelarut organik/bersifat racun.
6. Hasil pembakaran berupa air dan gas karbondioksida (CO₂).

E. Gliserol sebagai *Plasticizer*

Gliserol merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290 °C. Gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya, banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol, oleh karena itu gliserol merupakan jenis pelarut yang baik (Yusmarlela, 2009). Struktur kimia gliserol dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur gliserol

Plasticizer adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut. Gliserol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekuler (Kirk dan Othmer, 2012).

F. Fourier Transform Infrared Red Spectroscopy (FTIR)

Spektroskopi FTIR adalah teknik yang sangat efektif dan cepat yang digunakan untuk mempelajari polimer. Pengukuran spektroskopi FTIR didasarkan pada intensitas dan panjang gelombang penyerapan radiasi Infrared yang mengakibatkan masing masing gugus fungsi bervibrasi pada bilangan gelombang khususnya. Di dalam spektrumnya, bilangan gelombang 4000- 400 cm^{-1} menjadi acuan untuk melihat vibrasi molekul dari senyawa organik. Pada isolasi ini Spektroskopi FTIR diperlukan untuk menunjang dalam pengevaluasian keberhasilan selulosa dengan memantau pengurangan intensitas gugus fungsi molekul lignin dan peningkatan intensitas molekul selulosa (Jufrinaldi, 2018). Pengurangan intensitas gugus fungsi dapat dilihat pada bilangan gelombang 1700 cm^{-1} yang menandakan adanya vibrasi karboksil lignin, 1500 cm^{-1} yang menandakan adanya vibrasi guasil dan cincin lignin (Liu *et al.*, 2006), 1240 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus siringil pada lignin (Paletto *et al.*, 2014), 830 cm^{-1} yang menandakan adanya OH tekuk gugus siringil (Zhang *et al.*, 2010). Peningkatan intensitas molekul selulosa dapat terlihat pada bilangan gelombang 1200 cm^{-1} yang menandakan gugus samping OH tekuk yang terikat pada cincin selulosa (Castro *et al.*, 2011), 900 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya ikatan beta glikosida selulosa (Milovanovic *et al.*, 2016)

Satuan yang umum digunakan FTIR ialah bilangan gelombang dalam cm^{-1} . Nilai bilangan gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi atau energinya. Bilangan gelombang dan panjang gelombang dapat dikonversi satu sama lain menggunakan persamaan dibawah ini:

$$V(\text{cm}^{-1}) = 1/\lambda(\mu\text{m}) \times 10^4$$

FTIR dapat mengukur suatu gugus fungsi karena adanya perbedaan momen dipol pada gugus. Momen dipol akan menimbulkan vibrasi ikatan yang mengakibatkan fluktuasi momen dan menghasilkan gelombang listrik. Ikatan kimia dapat bervibrasi sesuai level energinya, sehingga memberikan frekuensi yang spesifik. Jenis-jenis vibrasi molekul biasanya terdiri dari enam macam, yaitu *symmetrical stret alhing*, *assymetrical stret alhing*, *scissoring*, *rocking*, *wagging*, dan *twisting* (Ellis dan Goodacre, 2006).

Perbandingan serapan dari dua senyawa, dapat disimpulkan apakah senyawa itu identik atau tidak. Pelacakan ini disebut sidik jari dari dua spektrum inframerah. Manfaat lain dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan tentang molekul, kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan tipe ikatan. Tabel korelasi inframerah dibutuhkan untuk memperoleh interpretasi yang lebih jelas (Tabel 3). Beberapa kelebihan menggunakan FTIR sebagai berikut:

- a. Tidak memerlukan waktu yang lama.
- b. Digunakan untuk identifikasi gugus fungsi tertentu dari suatu molekul.
- c. Spektrum inframerah yang diberikan untuk suatu senyawa bersifat unik sehingga dapat digunakan sebagai sidik jari dari senyawa tersebut.

Tabel 3. Korelasi inframerah

Rentang (cm^{-1})	Jenis ikatan
3700-2500	Ikatan tunggal ke hydrogen
2300-2000	Ikatan rangkap tiga
1900-1500	Ikatan rangkap dua
1400-650	Ikatan tunggal selain ke hydrogen

Sumber: (Fifield dan Kealey, 2002)

Analisis FTIR menggunakan sumber cahaya, dimana sinar datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinyal untuk saling berinteraksi, lalu sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur menyebabkan sinar yang sampai pada detektor mengalami fluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut *interferog*.

Analisis poli asam laktat dengan spektrofotometer FTIR diharapkan terlihat pita serapan melebar pada daerah $3500\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan karakteristik vibrasi ulur –OH. Pita serapan pada daerah $3000\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan karakteristik vibrasi ulur CH, pita serapan pada daerah $1470\text{--}1350\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk CH, dan pita serapan pada daerah $1290\text{--}970\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi tekuk C-O-H, serta pita serapan pada daerah $1730\text{--}1715\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=O karbonil (Yang *et al.*, 1994).

G. Biodegradasi

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis mikroorganisme. Biodegradasi adalah perubahan senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana melalui bantuan mikroorganisme. Batasan tentang biodegradasi adalah (1) Biodegradasi Tahap Pertama (*Primary Biodegradation*), merupakan perubahan sebagian molekul kimia menjadi komponen lebih sederhana; (2) Biodegradasi Tuntas (*Ultimate Biodegradation*), merupakan 12 perubahan molekul kimia secara lengkap sampai terbentuk CO_2 , H_2O , dan senyawa organik lain (Ummah, 2013).

Bioplastik akan terurai oleh aktivitas pengurai melalui proses biodegradasi, polimer-polimer yang mampu terdegradasi harus memenuhi beberapa kriteria yaitu mengandung salah satu dari jenis ikatan asetal, amida, atau ester, memiliki berat molekul dan kristalinitas rendah serta memiliki sifat hidrofilitas yang tinggi. Proses ini berupa rangkaian reaksi kimia enzimatik atau biokimia yang mutlak memerlukan kondisi lingkungan sesuai dengan pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Metters *et al.* (2000), bahan yang dapat terbiodegradasi harus sepenuhnya terdegradasi oleh mikroorganisme dalam proses pengomposan yang menghasilkan “*natural compound*” (CO_2 , H_2O , metana, biomassa).

H. Scanning Electron Microscopy

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah metode yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan interaksi PLA atau antara PLA dan pengisi atau penguatan campuran atau komposit (Inkinen *et al.*, 2011). SEM merupakan suatu metode pemeriksaan yang diakui dan diterima oleh komunitas peneliti material di dunia.

Metode ini dapat mengidentifikasi dan mengamati yang terjadi di sekitar *interference* antara bahan dengan lapisan oksida secara detil. Identifikasi struktur mikro lapisan oksida menggunakan SEM tidak sekedar pengambilan gambar dan fotografi tetapi harus dilakukan analisis dengan benar.

Prinsip kerja SEM ialah berupa interaksi korpuskular antara elektron sumber dengan atom pada bahan. Suatu berkas elektron yang menempel pada permukaan sampel, terjadi interaksi elektron dengan atom-atom di atas permukaan maupun di bawah permukaan sampel. Interaksi tersebut mengakibatkan sebagian besar berkas elektron berhasil keluar kembali, elektron tersebut disebut *Backscattered Electrons* (BSE), sebagian kecil elektron masuk ke dalam bahan kemudian memindahkan sebagian besar energi pada elektron atom sehingga terpental keluar permukaan bahan, yaitu *Secondary Electrons* (SE).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari hingga Mei 2021 di Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Lampung. Pembuatan selulosa dan plastik *biodegradable* dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Lampung. Identifikasi gugus fungsional menggunakan FTIR Cary 630 dan analisis morfologi permukaan dilakukan menggunakan SEM di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, spatula, batang pengaduk, neraca analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, vakum, kertas saring, saringan mesh, tisu, erlenmeyer, *aluminium foil*, corong kaca, cawan petri, pipet volume, pH, meter, oven, *freeze dryer*, *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain serbuk bonggol nanas, akuades, NaOH 20 %, H₂O₂, selulosa, *Polylactic acid* (PLA), gliserol, kitosan, kloroform, dan etanol.

C. Prosedur Penelitian

1. Persiapan Bahan Baku

Limbah pada bonggol nanas yang didapatkan dari PT GGF dikeringkan dengan cara dijemur dan diangin-anginkan hingga kering, kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga halus dan menjadi bubuk.

2. Isolasi Selulosa Limbah Padat Bonggol Nanas

Selulosa diperoleh dengan cara limbah padat bonggol nanas diambil 200 gram dan ditambahkan 2 L aquades, diaduk hingga homogen. Kemudian larutan sampel dimasukkan ke dalam *microwave* selama 1 jam dengan suhu 100°C. Setelah itu, larutan sampel disaring dan ditambahkan larutan NaOH 20% sebanyak 2 L. Kemudian dimasukkan kembali ke dalam *microwave* selama 30 menit dengan suhu 100°C. Kemudian disaring dan residu yang didapatkan dicuci dengan air dengan suhu dibawah 50°C, dicuci beberapa kali hingga kondisi netral dan disaring dengan menggunakan saringan mesh 250. Selanjutnya, residu dimasukkan ke dalam larutan H₂O₂ 10% sebanyak 2 L dan didiamkan selama 45 menit hingga berubah warna menjadi putih kekuningan. Kemudian larutan disaring kembali menggunakan saringan mesh 300 dengan air hingga diperoleh residu yang memiliki pH netral. Setelah itu, residu yang didapatkan dikeringkan menggunakan oven hingga kering (Modifikasi Sumada dan Puspita, 2011).

3. Pembuatan *Biodegradable film*

Selulosa sebanyak 2 gram dicampurkan dengan 0,75 gram kitosan, 20 mL akuades, dan 10 mL etanol, lalu dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama

1 jam pada suhu 70 °C. PLA sebanyak 4 gram dilarutkan ke dalam 20 mL kloroform, lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu ruang.

Larutan selulosa yang sudah disiapkan ditambahkan ke larutan PLA, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan ditambahkan gliserol. Campuran dituangkan ke dalam cawan petri, lalu didiamkan selama 1 malam hingga kering. Sampel kering dilepaskan dari cawan petri. Buat metode yang sama untuk variasi gliserol 10 %; 20%; dan 30 % (Tabel 4).

Tabel 4. Konsentrasi *Biodegradable film*

Kode Sampel	Sampel	Selulosa	Kitosan	PLA	Gliserol
A	Selulosa, kitosan PLA/Gliserol 10%	2 gram	0,75 gram	4 gram	2 mL
B	Selulosa, kitosan PLA/Gliserol 20%	2 gram	0,75 gram	4 gram	4 mL
C	Selulosa, kitosan PLA/Gliserol 30%	2 gram	0,75 gram	4 gram	6 mL

4. Karakterisasi

4.1. *Fourier Transform Infrared Red Spectroscopy (FTIR)*

Sampel berupa film ditempatkan di atas aksesoris ATR, lalu ditekan. Sampel diukur dan diamati serapannya pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm⁻¹. Hasil bilangan gelombang sampel yang telah diukur, dibandingkan dengan literatur untuk mengetahui gugus fungsinya.

4.2. Uji Biodegradasi

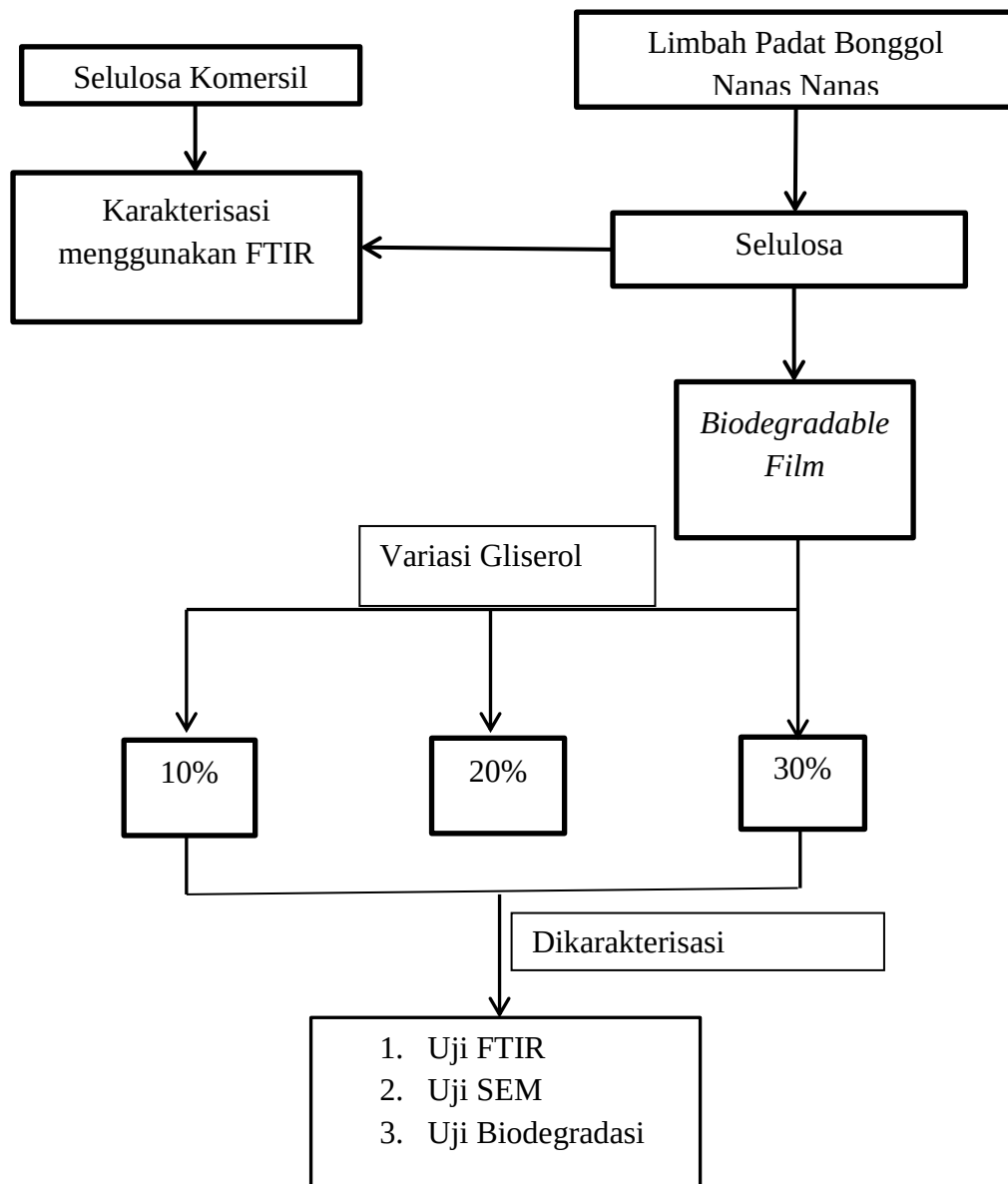
Uji biodegradasi dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah sebagai pembantu proses degradasi. Sampel ditanam dalam tanah dan dibiarkan terkena udara terbuka lalu diamati setiap 14 hari sekali. Untuk mengetahui seberapa lama bioplastik yang dihasilkan dapat terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah maka dilakukan uji biodegradasi. Tanah lingkungan mengandung keanekaragaman hayati mikroorganisme yang luas yang memungkinkan terjadinya biodegradasi bioplastik yang berhubungan dengan lingkungan lainnya seperti air dan udara (Emadian, 2017). Uji biodegradasi dilakukan selama 28 hari dengan pengamatan setiap 14 hari sekali.

4.3. *Scanning Electron Microscopy*

Analisis menggunakan SEM dilakukan dengan cara sampel yang telah *dicoating* dimasukkan dalam alat pengujian SEM dan divakum selama 10 menit kemudian ditembakkan elektron dengan *probelevel* tertentu. Sampel ditangkap oleh *detector* yang digunakan untuk mengamati bentuk topografi permukaan sampel yang dianalisis. Sampel yang dianalisis dilakukan dengan perbesaran 5000x.

D. Diagram Alir

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir sebagai berikut:



V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil Spektra FTIR antara selulosa isolasi dan selulosa komersil menunjukkan serapan pada panjang gelombang yang sama.
2. Hasil FTIR pada *biodegradable film* menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 1747 cm^{-1} yang merupakan serapan dari gugus karbonil C=O dari PLA , sedangkan Penambahan gliserol pada *biodegradable film* mengakibatkan adanya serapan-OH pada panjang gelombang 3333 cm^{-1} .
3. Hasil SEM menunjukkan permukaan *biodegradable film* dengan penambahan gliserol 30 % menghasilkan permukaan yang rata dan lebih homogen.
4. Hasil pengujian dapat dilihat bahwa pada sampel *biodegradable film* gliserol 30 % lebih cepat mengalami degradasi yaitu pada hari ke-28 telah terdegradasi sempurna.

B. Saran

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu dilakukan pembuatan *biodegradable film* dengan metode lain dan penambahan bahan lain untuk mengantisipasi adanya sifat rapuh pada struktur fisik *biodegradable film* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agromedia, Redaksi. 2009. *Buku Pintar Budidaya Tanaman Buah Unggul Indonesia*. Jakarta: Redaksi Agromedia.
- Akbar, F., Anita, Z. dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong terhadap Sifat Mekaniknya. *J. Teknik Kimia USU*. 2: 11–15.
- Anita, Z., Akbar, F., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *J. Teknik Kimia USU*. 2: 37–41.
- Anonymous. 2005. Highlights in Bioplastics. *IBAW Publication*.
- Averous, L. Dan Boquilon, N. 2004. Biocomposites Based on Plasticized Starch : Thermal and Mechanical Behaviour. *J. Carbohydrate Polymers*. 56: 111-122.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Produksi Buah-buahan Menurut Provinsi (ton) 2013. http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=55%20¬ab=10. Diakses pada 21 Desember 2020. Pukul 15.00 WIB
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah. 2017. *Kabupaten Lampung Tengah dalam Angka 2017*. BPS Kabupaten Lampung Tengah.
- Bonilla, J., L. Atares, A. Chiralt. 2012. Edible Films and Coatings to Prevent the Detrimental Effect Oxygen on Food Quality: Possibilities and Limitations. *Journal of Food Engineering* 110:208- 213. Bourtoom, T. 2007. Effect of

Some Process

- Castro ,C., Zuluaga , R., Putuax , JL., Caroa , G., Mondragon, I., dan Ganan , P. 2011. Sructural Characterization of Bacterial Cellulose Produced by *Gluconacetobacter Swingsii* sp from Combain Agroindustrial Wastes. *J. Carbohyd Polym.* 84: 96-102.
- Chaokaur, A., Laikhonburi, Y., Kunmee, C., Santhong, C., Chimthong, S. 2014. Evaluation of nutritive value and sugar carbohydrate of pineapple residue. *Jurnal Khon Kaen Agr.* 42: 301 – 306.
- Cherian, B.M., Leao, A.L., Souza, S.F., Thomas, S., Pothan, L.A., and Kottaisamy, M. 2010. *Isolation of Nanocellulose from Pineapple Leaf Fibres by Steam Explosion*. Sao Paulo State University. Brazil.
- Chu, Z., Zhao, T., Li., L., Fan, J., dan Qin, Y. 2017. Characterization of Antimicrobial Poly(Lactic Acid)/Nano-C0mposite Films With Silver and Zinc Oxide Nanoparticles. *J. Materials.* 10: 8-13.
- Coniwanti, P., Laila, L., dan Alfira, M. R. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pemplastis Gliserol. *J. Teknik Kimia UNSRI.* 20: 22–30.
- Dumanauw, J. F.1990. Komposit Pati-Khitosan sebagai Material Utama Film Plastik Biodegradable: Studi awal terhadap morfologi, karakteristik mekanik dan ketahanan air. *J. Sain dan Teknologi EKSAKTA ISSN 1411-1047*, Vol.08, No.01, Edisi Februari 2006, Hal. 8-14.
- Ellis, D. I. dan Goodacre, R. 2006. Metabolic Finger printing in Disease Diagnosis: Biomedical Applications of Infrared and Raman Spectroscopy. *J. Analyst.* 31: 875–885.
- Emadian SM, Onay TT, Demirel B. 2017. Biodegradation of Bioplastics in Natural Environments. *Waste Management.* 59:526–36.
- Fifield, F. W. dan Kealey, D. 2002. Principles and Practice of Analytical Chemistry. *J. Analytica Chimica Acta.* 5: 324–329.

- Ge, H., Yang, F., Hao, Y., Wu, G., Zhang, H., dan Dong, L. 2013. Thermal, Mechanical, and Rheological Properties of Plasticized Poly (L-Lactic Acid). *J. Applied Polymer Science*. 127: D 2832-2839.
- Handayani, N.P. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Ramah Lingkungan dari Pati Tapioka- Poli Asam Laktat (PLA) .*Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Ilmiawati, C., Reza, M., Rahmatini, R., dan Rustam, E. 2017. Edukasi Pemakaian Plastik sebagai Kemasan Makanan dan Minuman serta Resikonya terhadap Kesehatan pada Komunitas di Kecamatan Bungu Teluk Kabung , Padang. *Ilmu Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1: 20-28.
- Inkinen, S., Hakkarainen, M., Albertsson, A. C., dan Södergård, A. 2011. From Lactic Acid to Poly (Lactic Acid) (PLA): Characterization and Analysis of PLA and its Precursors. *J. Biomacromolecules*. 12: 523–532.
- Jamieson, A. dan Mcneill, C. 1978. Thermal Degradation of Mixtures of Poly (methyl Methacrylate) and Silver Acetate. *J. Chemical Reviews*. 16: 2225–2235.
- Jufrinaldi . 2018. Isolasi Selulosa dari Bagas Tebu melalui Pemanasan Iridiasi Gelombang Mikro. *J. IlmiTeknik Kimia UNPAM*. 2: 36-46.
- Katili, S., dkk. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Khitosan*. Jurnal Teknologi, Volume 6 No. 1, 29-38.
- Kirk dan Othmer. 2012. *Encyclopedia of Chemical Technology Edisi 4*. John Wiley & Sons Inc, New York.

- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2013. Outlook Komoditi Nanas. <http://pusdatin.beptan.go.id/>. Diakses pada 14 februari 2021.
- Latief , R. 2001. Teknbologi Kemasan Plastik Biodegradable. [http://www.Hayati-ipb.com/users/rudyet/individu 2001/Rindam_Latief. Htm](http://www.Hayati-ipb.com/users/rudyet/individu%2001/Rindam_Latief.Htm)-87. Diakses pada 14 Februari 2021.
- Liu, CF., Ren, JL., Liu, JJ., Sun, JX., dan Sun, RC. 2006. Isolation and Characterization of Cellulose Obtain from Ultrasonic Irradiated Augarcane Bagase. *J. Agric Food Chem* . 54: 5742-5748
- Liu, H., Wang, C., Liu, J., Wang, B.L., dan Sun, H. 2013. Competitive Adsorbtion of Cd(II), Zn(II) and Ni (II) from Their Binary and Ternary Acidic Systems using Tourmaline. *J. Environmental Management*. 128 : 727-734.
- Lu, Y. dan Chen, S. C. 2004. Micro and Nano-Fabrication of Biodegradable Polymers for Drug Delivery. *J. Advanced Drug Delivery Reviews*. 56: 1621–1633.
- Metters, A. T., Anseth, K. S., dan Bowman, C. N. 2000. Fundamental Studies of a Novel, Biodegradable PEG-b-PLA Hydrogel. *J. Polymer*. 41:3993–4004.
- Meier, L dan Mulder. 1996. *Plastic Additive Handbook* 3rd ed. Munich, Jerman: Hanser Publisher. Mission, et al. 2009. *Physicochemical Properties of Biodegradable/Edible Films Made With Gellan Gum*. Canada: University of Nova Scotia.
- Milovanovic, S., Markovic, D., Aksentijevic, K., Stojanovic, DB., Ivanovic, J., dan Ziuzovic, I. 2016. Application of Cellulose Acetate for Controlled Release of Thymol. *J. Carbphyd Polym* . 10: 92-93.
- Mulyadi, Irwan. 2019. Isolasi dan Karakterisasi selulosa : Review . *Jurnal Saintika UNPAM*. UNPAM. 1(2) : 177-182.
- Nuringtyas, Tri Rini. 2010. *Karbohidrat*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Paletto, M., Junior, HLO., dan Zattera, AJ. 2014. Native Cellulose Structure Characterization and Thermal Properties. *J. Mater* . 7: 6105-6119.
- Pardo, M.E.S., Cassellis, M.E.S. Escobedo, R.M. dan García, E. J. 2014. Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 3: 53 – 56.
- Pranamuda, H. 2001. *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradable Berbahan Baku Pati Tropis*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Pulungan, M. H., Qushayyi, V. S., dan Wignyanto. 2015. Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Sagu (Kajian Penambahan Kitosan dan Gelatin). *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI UTM*. 1: 62–67.
- Princi, E., Vicini, S., Proetti, N., dan Capitani, D. 2005. Grafting Polymerization on Cellulose Based Textiles : a ¹³C Solid State NMR Characterization. *J of European Polymer* . 41: 1196-1203.
- Putra, W.M. (2015). Pengaruh Penambahan selulosa Mahkota Nanas Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Umbi Gadung (*Diocorea Hispida* Densnt) Dengan Menggunakan Plasticizier Gliserin. *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Rahmidar, L., Wahidiniati, S., dan Sudiarti, T. 2018. *Pembuatan dan Karakterisasi Metil selulosa dari Bonggol dan Kulit Nanas (Ananas Comusus)*. UIN Sunan Gunung Djati. Bandung.
- Rasal, R. M. Dan Hirt, D. E.. 2009. Toughness Decrease of PLA-PHBHHx Blend Films Upon Surface-Confined Photopolymerization. *J. Of Biomedical Materials Research – Part A*. 88: 1079-1086.
- Rosdiana, N.S., Sarjono, P.R., dan Mulyani, N.S. 2013. *Aktivitas fusarium oxysporum dalam Menghidrolisis Enceng Gondok (eichhornia crassipes) dengan Variasi Temperatur*. Universitas Dippnegoro. Semarang.
- Rowell, Roger M. 2005. *Chemical modification of wood. Handbook of wood*

- chemistry and wood composites*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2005: pages 381-420.
- Savioli, L. M., Jardini, A. L., dan Maciel, F. R. 2012. Poly (Lactic Acid) Production for Tissue Engineering Applications. *J. Procedia Engineering*. 42: 1402–1413.
- Salim, S. 2018. *Poli Asamn Laktat (PLA)/ Kitosan / Bentonit Nanokomposit dari Pati Singkong untuk Aplikasi Kemasan Makanan dan Peningkatan Kompatibiliser Menggunakan Glutaraldehid* .(Disertai).Univesitas Sumatera Utara. Medan.
- Septiosari, A., Latifah., & Kusumawati, E. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3 (2): 157-162.
- Sin, L.T., Rahmat, A. R., dan Rahman, W . A. W . A. 2012. *Aplications of Poly(lactid Acid), in Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*. Elsevier Inc. Malaysia.
- Subowo, W.S dan Pujiastuti, S., (2003), Plastik Yang Terdegradasi Secara Alami (Biodegradable) Terbuat Dari LDPE Dan Pati Jagung Terlapis, *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV*, Bandung, Pusat Penelitian Informatika-LIPI, pp. 203-208.
- Sumada, K., dan Puspita, E.T. 2011. Kajian Proses Isolasi α -Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia* 5(2), pp. 434–438.
- Song Y. Zhou J, Zhang L, Wu X. 2008. Homogenous modification of cellulose with acrylamide in NaOH/urea aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers*. 73:18-25.
- Rasal, R. M., dan Hirt, D. E. 2009. Tensile, Water Vapor Barrier and Antimicrobial Properties of PLA/Nanoclay Composite Films. *J. Food Science and Technology*. 42:612-617.

- Ummah, N. 2013. Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*) terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Wulan, M. D. 2011. Degradasi In Vitro Mikrosfer Polipaduan Poli Asam Laktat dan Polikaprolakton. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Wiradipta, I.D.G.A. 2017. *Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Dari Tongkol Jagung*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wypich, G. 2004. *Plasticizer Use and Selection for Specific Polymers*. Toronto: ChemTec Laboratories.
- Yang, C. B., Hsu, C. C., Park, Y . S., dan Shurvell, H. F. 1994. Infrared Characterization of $MgCl_2$ Supported Ziegler- Natta Catalysts with Monoester and Diester as a Modifier. *J. European Polymer* . 30: 205-214.
- Yusmarlela .2009. *Studi Pemanfaatan Plasticizer Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu*. (Skripsi). Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Zhang, M., Qi, W., Liu, R., Su, R., Wu, S.,He, Z. 2010. Fractionating Lignocellulose by Formic Acid Characterization of Major Components. *J. Bionmass and Bionen*. 34: 525-532.
- Zhou, Y., Stuart, W., Farquhar, GD., dan Hocart, CH. 2010. The Use of Natural Abundanbce Stable Isotopic Ratio to Indicate the Presence of Oxygen-Containing Chemical Linkagesween Cellulose and Lignin in Plant Cell Walls. *J. Phytochemistry* . 71: 982-993.