

**PENGARUH PERBANDINGAN *POLYLACTIC ACID*  
(PLA) DAN GLISEROL TERHADAP KARAKTER  
*FILM BIODEGRADABLE* DARI PATI BIJI DURIAN  
(*Durio zibethinus murr*)**

**Skripsi**

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh  
gelar Sarjana Sains**



**Cynthia Arsyani**

**3325130989**

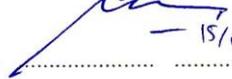
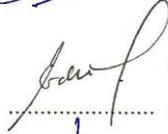
**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH PERBANDINGAN *POLYLACTIC ACID* (PLA) DAN GLISEROL  
TERHADAP KARAKTER *FILM BIODEGRADABLE* DARI PATI BIJI DURIAN  
(*Durio zibethinus murr*)

Nama : Cynthia Arsyani  
Nomor Registrasi : 3325130989

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		18/8 2017
Wakil Penanggung Jawab:			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		18/8 2017
Ketua	: <u>Drs. Zulhipri, M.Si</u> NIP. 19580703 198903 1 001		15/8 2017
Sekretaris	: <u>Dr. Agung Purwanto, M.Si</u> NIP. 19640202 199102 1 001		11/8 2017
Anggota Penguji	: <u>Prof. Dr. Erdawati, M.Sc</u> NIP. 19510912 198103 2 001		10/8 2017
Pembimbing I	: <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		15/8 2017
Pembimbing II	: <u>Dra. Zulmanelis Darwis, M.Si</u> NIP. 19560501 198803 2 001		15/8 2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 07 Agustus 2017

## LEMBAR PERNYATAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Perbandingan *Polylactic acid* (PLA) dan Gliserol Terhadap Karakter *Film Biodegradable* dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus murr*)”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 09 Agustus 2017

Cynthia Arsyani

## Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada TUHAN YME atas segala rahmat dan pimpinannya maka karya ilmiah ini berhasil disusun untuk memenuhi syarat sebagai sarjana sains. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian Sains yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2017 dengan judul Pengaruh Perbandingan *Polylactic acid* (PLA) dan Gliserol Terhadap Karakter *Film Biodegradable* dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus murr*).

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Dr. Yusmaniar M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Koordinator Program Studi Kimia dan Ibu Zulmanelis M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi bimbingan selama penelitian dan penulisan. Selain itu diucapkan terimakasih kepada Pak Erizal selaku pembimbing saat uji di BATAN. Terima kasih pula kepada Pembimbing Akademik ibu Dr. Fera Kurniadewi M.Si. yang telah membimbing penulis secara akademik selama kuliah di Program Studi Kimia UNJ. Terimakasih kepada Wakil Dekan Bidang Akademik ibu Dr. Muktiningsih M.Si., dan Dekan FMIPA UNJ bapak Prof. Dr. Suyono, M.Si. yang telah membantu selama penyelesaian studi. Terimakasih untuk semua dosen yang tidak bisa disebutkan satu-satu, yang selama ini telah membimbing dan mengajari.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada Ayah, Ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada analis dan teknisi Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UNJ serta teman-teman angkatan 2013 atas bantuan dan persahabatannya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Jakarta, July 2017

Cynthia Arsyani

## ABSTRAK

**CYNTHIA ARSYANI.** Pengaruh Perbandingan *Polylactic Acid* (PLA) dan Gliserol Terhadap Karakter *Film Biodegradable* Dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus murr*). Dibawah Bimbingan YUSMANIAR, ZULMANELIS

Penelitian ini bertujuan membuat *film* plastik *biodegradable* dari pati biji durian dengan memanfaatkan gliserol dan *Polylactic acid*, serta mengkarakterisasinya (ketahanan air, sifat mekanik, dan uji biodegradasi). Penelitian ini menggunakan metode *blending*, dimana pati biji durian dicampur dengan gliserol pada suhu 80<sup>0</sup>C dengan kecepatan 500 rpm, sesudah homogen, ditambahkan asam asetat. Sementara itu, *Polylactic acid* dilarutkan didalam kloroform dan dipanaskan pada suhu 40<sup>0</sup>C dengan kecepatan 200 rpm, ketika *Polylactic acid* sudah larut dengan sempurna, ditambahkan asam maleat dan dilarutkan kembali hingga homogen. Setelah kedua larutan homogen, kedua larutan dicampur hingga homogen, kemudian dicetak. Hasil analisis spektrum inframerah menunjukkan regangan OH untuk pati biji durian berada pada bilangan gelombang 3246,20 cm<sup>-1</sup> berubah menjadi 3379,29 cm<sup>-1</sup> untuk film plastik yang ditambahkan *plasticizier*. Ketahanan *film* plastik terhadap air tertinggi sebesar 95.87% pada *film* plastik dengan perbandingan gliserol:PLA (2:6). Kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 64,707 MPa pada *film* plastik dengan perbandingan 2:6 (Gliserol:PLA), sedangkan persentase pemanjangan tertinggi yaitu 30% pada *film* plastik dengan perbandingan gliserol:PLA (4:4). *Film* plastik gliserol:PLA (6:2) paling terdegradasi, massa yang hilang sebesar 72,84 % dengan laju degradasinya 14,27 mg/hari. Berdasarkan data-data tersebut dapat disimpulkan bahwa perbandingan *Polylactic acid* dan gliserol mempengaruhi sifat mekanik, dan sifat biodegradasi dari suatu *film*, namun tidak mempengaruhi sifat morfologi dari *film* tersebut.

**Kata kunci:** Gliserol, *Polylactic acid*, pati biji durian, *film* plastik

## ABSTRACT

**CYNTHIA ARSYANI.** The Effect of Comparison of *Polylactic Acid* (PLA) and Glycerol against Biodegradable Film Characters From Durian Starch (*Durio zibethinus murr*). Under the guidance of YUSMANIAR, ZULMANELIS

The objective of this research is to make biodegradable plastic film from durian seed starch by using glycerol and *Polylactic acid*, and to characterize it (water resistance, mechanical properties, and biodegradation test). This research used blending method, where durian seed starch was mixed with glycerol at 80°C with a speed of 500 rpm, after homogeneous, acetic acid was added. Meanwhile, *Polylactic acid* was dissolved in chloroform and heated to 40°C at 200 rpm, when *Polylactic acid* was completely dissolved, maleic acid was added and reconstituted to homogeneous. After both homogeneous solutions, both solutions are mixed to homogeneous, then printed. The result of infrared spectrum analysis showed that the OH strain for durian seed starch was in the wave number 3246,20 cm<sup>-1</sup> changed to 3379,29 cm<sup>-1</sup> for plastic film added by plasticizer. The highest resistance of plastic film to water is 95.87% in plastic film ratio between glycerol and PLA is 2:6. The highest tensile strength is 64,707 MPa in plastic film ratio between glycerol and PLA is 2: 6, while the highest percentage of elongation is 30% in plastic film ratio between glycerol and PLA is 4: 4. Ratio between glycerol and PLA is 6:2 which the most degraded, mass loss of 72.84% with a degradation rate of 14.27 mg / day. Based on these results it can be concluded that the ratio of Polylyctic acid and glycerol affects the mechanical properties, and sifts the biodegradation of a film, but does not affect the morphological properties of the film.

**Keywords:** *Glycerol, Polylactic acid, durian seed starch, plastic film*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	4
A. Plastik.....	4
B. Plastik <i>Biodegradable</i> .....	6
C. Pati Biji Durian .....	8
D. Zat Additif Pada Pembuatan Plastik .....	11
1. <i>Polylactic Acid</i> .....	11
2. Gliserol .....	12
3. Asam Maleat.....	14
E. Pelarut dalam Pembuatan Film Plastik .....	14
1. Kloroform.....	15
2. Asam Asetat .....	15
F. Metode Karakterisasi Film Plastik .....	16
1. Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR .....	16
2. Uji Ketahanan Air .....	17
3. Uji Sifat Mekanik ( <i>Tensile Strenght</i> dan <i>Elongation</i> ).....	17
4. Uji Biodegradasi.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
B. Metode Penelitian.....	19
1. Alat dan Bahan .....	19
2. Prosedur Penelitian.....	19
a. Isolasi Pati Biji Durian .....	10
b. Penyediaan Larutan .....	20
c. Pembuatan <i>Film Plastik Biodegradable</i> Pati Biji Durian.....	20
d. Karakterisasi <i>Film Plastik Biodegradable</i> .....	21
e. Uji Biodegradasi.....	22

<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	23
	A. Isolasi Pati Biji Durian	23
	B. Pembuatan <i>Film Plastik Biodegradable</i>	23
	C. Karakterisasi <i>Film Plastik Biodegradable</i>	26
	1. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	26
	2. Uji Kekuatan Tarik dan Persen Pemanjangan	29
	3. Uji Ketahanan Air	31
	4. Uji Biodegradasi	33
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	36
	A. Kesimpulan	36
	B. Saran	36
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	37
	<b>LAMPIRAN</b>	45

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b>	Jenis Plastik Beserta Monomer-monomernya.....	4
<b>Tabel 2</b>	Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI .....	6
<b>Tabel 3</b>	Komposisi Kimia Biji Durian .....	9
<b>Tabel 4</b>	Sifat Fisis dan Mekanis PLA.....	12
<b>Tabel 5</b>	Sifat Fisiokimia Gliserol pada Suhu Kamar.....	13
<b>Tabel 6</b>	Sifat Fisis Kloroform.....	15
<b>Tabel 7</b>	Daftar Gugus Fungsi Pada Pati .....	16
<b>Tabel 8</b>	Daftar Gugus Fungsi pada Gliserol.....	16
<b>Tabel 9</b>	Daftar Gugus Fungsi <i>Polylactic Acid</i> .....	17

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1</b>	Biji Durian .....	9
<b>Gambar 2</b>	Struktur Amilosa dan Amilopektin pada Pati.....	10
<b>Gambar 3</b>	Struktur Gliserol .....	13
<b>Gambar 4</b>	Struktur Asam Maleat.....	14
<b>Gambar 5</b>	Struktur Kloroform.....	15
<b>Gambar 6</b>	Spesimen Uji Kekuatan Tarik .....	21
<b>Gambar 7</b>	Hasil dari Pembuatan Film Plastik .....	25
<b>Gambar 8</b>	Spektrum Inframerah Pati Biji Durian .....	26
<b>Gambar 9</b>	Spektrum Inframerah <i>Polylactic Acid</i> .....	27
<b>Gambar 10</b>	Spektrum Inframerah <i>Overlay</i> antara <i>Film Plastik</i> .....	28
<b>Gambar 11</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap <i>Tensile Strength</i> .....	29
<b>Gambar 12</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap <i>Elongation</i> .....	30
<b>Gambar 13</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap Daya Serap Air .....	31
<b>Gambar 14</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap Ketahanan Air.....	32
<b>Gambar 15</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap Uji Biodegradasi.....	33
<b>Gambar 16</b>	Grafik Perbandingan Gliserol:PLA Terhadap Laju Degradasi .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Bagan Kerja .....	45
<b>Lampiran 2</b> Data Uji Ketahanan Air .....	48
<b>Lampiran 3</b> Data Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi .....	48
<b>Lampiran 4</b> Data Uji Biodegradasi .....	49
<b>Lampiran 5</b> Dokumentasi Penelitian .....	49
<b>Lampiran 6</b> Riwayat Hidup Penulis .....	53

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Saat ini penggunaan plastik sudah merambah ke segala aspek, baik untuk peralatan maupun untuk kemasan dalam skala rumah tangga hingga industri. Plastik begitu diminati karena memiliki banyak kelebihan, diantaranya ringan, kuat, fleksibel, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis (Darni, Chici, & Sri, 2010). Ditinjau dari struktur kimianya plastik merupakan polimer sintesis dari hidrokarbon rantai pendek dari minyak bumi yang banyak digunakan oleh masyarakat merupakan plastik dari bahan *polyethylene*. Polimer yang terbentuk berasal dari monomer tunggal yang sama dengan strukturnya yang kaku (Zheng, Zhou, Chai, Parrish, Xue, & Patrick, 2005). Sifat mekanik plastik konvensional menurut Standar Nasional Indonesia, dimana kuat tarik sebesar 24,7-302 MPa; elongasi sebesar 21-220%, hidrofobitas sebesar 99% (Darni, Chici, & Sri, 2010). Pada pembuatan plastik dibutuhkan zat additif agar didapatkan sifat mekanik yang sesuai dengan standar.

Sampah dari penggunaan plastik telah mencapai 175.000 ton/hari atau setara dengan 64 juta ton/tahun di Indonesia (Mintarsih, 2015). Menurut Sri Bebasari (Ketua Umum Indonesia Solid Waste Association) pada tahun 2016, produksi sampah plastik di Jakarta sebesar 5,4 juta ton per tahun. Sampah-sampah plastik ini mencemari kawasan padat penduduk, namun sekitar 57% sampah plastik ditemukan di pantai, dan sekitar 46.000 sampah plastik mengapung di setiap mil persegi samudera, dan kedalaman sampah plastik di Samudera Pasifik sudah mencapai 100 meter. Produk plastik yang di produksi rata-rata tidak dapat hancur oleh mikroba, sehingga terjadi penumpukan sampah plastik (Elfira, 2008). Limbah plastik yang ada pada saat ini pada umumnya hanya dibuang (*landfill*), dibakar atau di daur ulang (*recycle*). Namun, proses tersebut belum menyelesaikan permasalahan limbah plastik, pada proses *landfill* limbah plastik tidak dapat terurai, jika dibakar pada suhu rendah, limbah plastik akan

menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat karsinogen seperti *polychloro dibenzodioxins* dan *polychloro dibenzofurans*. Sedangkan hasil dari proses daur ulang plastik mempunyai kualitas yang rendah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti melakukan upaya mengenai sintesis plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* yang dikembangkan berbahan dasar alami, yaitu polisakarida (selulosa, pati, kitin), protein (kasein, kolagen), lemak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun dari hewan. Plastik *biodegradable* berbahan dasar polisakarida dari pati lebih banyak digunakan karena ekonomis, dapat diperbaharui, dapat terdegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Bourtoom, 2007). Biji durian mengandung karbohidrat sekitar 43.6% sehingga pada penelitian ini digunakan pati sebagai biji durian (Simajuntak, Roni, Yantayati, & Judi, 2000). Sedangkan untuk meningkatkan karakter dan sifat mekanik diperlukan zat additif lain, contohnya gliserol. Gliserol digunakan karena ramah lingkungan dan melimpah di alam, tidak beracun, menghambat penguapan air pada produk (Astuti, 2010) dan dapat mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul (Kirik, 1967). Selain itu, ditambahkan *polylactic acid* yang merupakan bio polimer, PLA digunakan untuk menggantikan bahan yang transparan dengan densitas yang tinggi, bahan plastik yang digantikan dari jenis PET, PVC lentur dan selofan film (Nasiri, 2008). PLA sering dicampur dengan pati untuk menambah sifat *biodegradable*.

Beberapa penelitian sintesis plastik *biodegradable* dari pati biji durian sudah dilakukan. Salah satunya oleh Nurul 2016, sintesis dan karakterisasi plastik *biodegradable* dari pati biji durian (*durio zibethinus murr*) menggunakan *plasticizer* sorbitol dan gliserol, dari hasil penelitian yang telah dilakukan nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari film yang mengandung pati 6% dan sorbitol-gliserol 20% sebesar 30,68 MPa, nilai pemanjangan tertinggi dari film yang mengandung pati 3% dan gliserol 25% yaitu sebesar 53,6%, dengan laju degradasi 15,75 mg/hari dan massa yang hilang sebanyak 92% pada film pati 3% dan sorbitol 30% (Nurul, 2006)

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *blending*, dimana setelah *Polylactic acid* dilarutkan kemudian ditambahkan ke dalam pati yang sudah dilarutkan dalam gliserol, yang selanjutnya akan dilakukan uji mekanik, uji ketahanan terhadap air dan uji biodegradasi. Hasil penelitian ini diharapkan mampu mensintesis plastik yang ramah terhadap lingkungan, dapat terurai dengan cepat dan memberikan sifat mekanik yang lebih baik.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan, maka masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan komposisi *Polylactic acid* dan *plasticizer* gliserol terhadap sifat mekanik dari *film* plastik yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan komposisi *Polylactic acid* dan *plasticizer* gliserol terhadap sifat morfologi dari *film* plastik yang dihasilkan?
3. Apakah *film* plastik yang disintesis bersifat *biodegradable*?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan antara gliserol dan *Polylactic acid* terhadap *film* plastik dari biji durian serta mengetahui sifat morfologi, sifat mekanik, sifat fisis dan sifat *biodegradable* dari komposisi *film* yang dihasilkan.

## **D. Manfaat Penelitian**

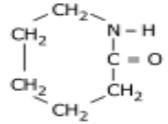
Penelitian ini diharapkan menjadi referensi dari pembuatan *film* plastik dari biji durian yang dapat terurai dan ramah lingkungan, mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh biji durian.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### A. Plastik

Plastik berasal dari bahasa Yunani *plastikos* yang berarti dapat dibentuk menjadi ukuran yang berbeda-beda. Plastik terbuat dari bahan kimiawi seperti karbon, silikon, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan klorida. Kombinasi yang sangat berbeda dari bahan kimia ini akan menghasilkan berbagai jenis plastik yang berbeda pula. Minyak bumi dimurnikan di kilang minyak sehingga dihasilkan petrokimia seperti etana, propana. Selanjutnya etana dan propane dimurnikan lagi hingga terbentuk etilena dan propilena. Etilena dan propilena digabungkan menggunakan katalis sehingga membentuk pelet/biji plastik (Sulistiyono, 2016). Plastik mempunyai titik didih dan titik leleh yang beragam, hal ini berdasarkan pada monomer pembentukannya. Tabel 1 merupakan monomer-monomer yang biasa digunakan untuk pembuatan plastik:

**Tabel 1.** Jenis Plastik Beserta Monomer-monomernya (Willey, 2011)

	Monomer		Polymer
Ethylene	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	Polyethylene (PE)	$-\text{[CH}_2 - \text{CH}_2\text{]}_n$
Propylene	$\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Polypropylene (PP)	$\begin{array}{c} -\text{[CH} - \text{CH}_2\text{]}_n \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Vinylchloride	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{C} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	Polyvinylchloride (PVC)	$\begin{array}{c} -\text{[CH} - \text{CH}_2\text{]}_n \\   \\ \text{Cl} \end{array}$
Caprolactame		Poly(E-Caprolactame) (PA6)	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{[NH} - (\text{CH}_2)_5 - \text{C]}_n \end{array}$
Tetrafluorethylene $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	Polytetrafluorethylene (PTFE)	$-\text{[CF}_2 - \text{CF}_2\text{]}_n$	$-\text{[CF}_2 - \text{CF}_2\text{]}_n$

Cara untuk menggabungkan monomer-monomer melalui reaksi adisi dan reaksi kondensasi. Pada reaksi kondensasi dua molekul bergabung dengan disertai hilangnya molekul-molekul kecil (air alcohol/asam). Reaksi adisi adalah penyusunan kembali elektron-elektron pada ikatan rangkap dalam suatu monomer untuk membentuk ikatan tunggal dengan molekul lainnya (Willey, 2011).

Plastik terbagi dalam dua kategori, yaitu *thermosetting* dan *thermoplastic*. Plastik *thermosetting* memiliki karakteristik keras, tidak dapat berubah menjadi bentuk aslinya (contoh: polyurethanes, polyester, epoxy resins dan phenolic resin). Plastik *thermoplastic* dapat kembali ke bentuk aslinya melalui proses pemanasan, mudah diolah dan dibentuk (contoh: Polyethylene (PE), Polypropylene (PP) dan polyvinyl chloride (PVC)) (Willey, 2011). Plastik yang banyak beredar di masyarakat berbahan dasar *polyethylene*. *Polyethylene* terbagi menjadi dua, yaitu LDPE (low density polyethylene), LDPE bersifat lunak dan fleksibel sehingga digunakan sebagai isolator kawat listrik, pembungkus makanan, botol, kantong sampah dan sarung tangan. HDPE (high density polyethylene) dibuat melalui polimerisasi *ethylene* dengan penambahan berbagai metal dan dihasilkan polimer *polyethylene*. HDPE bersifat kuat, rapat dan strukturnya mudah diatur.

Pada pembuatan plastik konvensional dibutuhkan zat aditif (*stabilizer*) yang berfungsi mempertahankan produk plastik dari kerusakan. Ada 3 jenis bahan penstabil yaitu: penstabil panas (*heat stabilizer*), penstabil terhadap sinar ultra violet (UV *Stabilizer*) dan antioksidan. UV *stabilizer* berfungsi mencegah kerusakan plastik akibat pengaruh sinar matahari, karena sinar matahari mengandung sinar ultra violet yang mampu memecah senyawa organik. Antioksidan berfungsi mencegah atau mengurangi kerusakan produk plastik karena pengaruh oksidasi yang dapat menyebabkan pemutusan rantai polimer (Mujiarto, 2005).

Sifat mekanik berpengaruh terhadap karakteristik dari suatu plastik. Sifat mekanik plastik dapat dipengaruhi oleh ikatan sekunder, yaitu ikatan non kovalen molekul plastik dengan molekul penyusun lainnya. Kekuatan tarik adalah ketahanan maksimum yang dicapai plastik sebelum putus. Kuat tarik dipengaruhi oleh ikatan polimer antara atom-atom antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan (Yuliasih & Raynasari, 2014). Semakin tinggi nilai elongasi, maka plastik semakin plastis (Billmeyer, 1971). Tabel 2 merupakan sifat mekanik plastik yang sesuai Standar Nasional Indonesia:

**Tabel 2.** Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI (Darni, Chici, & Sri, 2010)

No	Karakteristik	Nilai
1	Kuat tarik (MPa)	24,7-302
2	Persen elongasi (%)	21-220
3	Hidrofobisitas (%)	99

Yam mengungkapkan pada kondisi kelembaban yang tinggi, air terabsorpsi ke dalam polimer dan berinteraksi dengan ikatan polar. Pada saat yang bersamaan, permeabilitas gas juga akan meningkat dengan cepat (Yam, 2007).

## B. Plastik Biodegradable

Plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kata, yaitu bio yang artinya makhluk hidup, degra yang artinya terurai dan able yang berarti dapat. Plastik *biodegradable* adalah polimer yang dapat merubah menjadi biomassa, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, atau CH<sub>4</sub> melalui tahapan depolimerisasi dan mineralisasi. Menurut Griffin, pada kondisi dan waktu tertentu plastik *biodegradable* mengalami perubahan pada struktur kimia dan sifat (Griffin, Buehler, & Ross, 1994). Berubahnya struktur kimia dan sifat-sifat ini terjadi karena pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga).

Proses degradasi pada kondisi biotik dilakukan oleh makroorganisme atau mikroorganisme, pada kondisi abiotik dengan bahan kimia (Chiellini, 2001). Biodegradasi aerobik adalah pemecahan zat organik oleh mikroorganisme dengan adanya oksigen. Hampir semua bahan organik dapat di metabolisme di lingkungan oksidatif oleh organisme aerobik. Organisme tersebut telah mensekresikan enzim yang menghancurkan zat menjadi molekul organik yang lebih kecil yang kemudian diserap ke dalam sel mikroba dan digunakan untuk respirasi seluler. Selama proses respirasi, molekul organik yang diserap ke dalam sel dipecah menjadi beberapa langkah, di mana molekul yang dikenal sebagai adenosine-5'-triphosphate (ATP) digunakan untuk menyimpan dan mengangkut energi untuk sel serta untuk pembelahan sel. Pada biokimia urutan reaksi kimia ini dikenal dengan Electron Chain Transfer. Pada kasus metabolisme aerobik, oksigen

digunakan pada akhir rantai sebagai akseptor elektron terakhir, yang menghasilkan produk sampingan utama dari karbon dioksida dan air. Pengomposan adalah biodegradasi aerobik yang umum dikenal dan umum, dimana volume bahan organik biasanya berkurang sekitar 50%.

Biodegradasi anaerob terjadi tanpa adanya oksigen dimana mikroba anaerob menjadi dominan, dengan tidak adanya oksigen, organisme harus menggunakan beberapa atom lain sebagai akseptor elektron terakhir. Seringkali, proses biodegradasi anaerob ini memerlukan beberapa jenis bakteri di mana satu jenis memproses sebagian limbah ke strain bakteri lain, kemudian dilakukan oleh bakteri tersebut (Zeid, 2001). Sebagian besar biodegradasi limbah padat di TPA terjadi pada kondisi anaerobik.

Sebagian besar zat biodegradable berasal dari bahan tumbuhan dan hewan, atau dari bahan buatan yang sangat mirip dengan struktur molekul dengan zat alami ini. Gula sederhana mudah diserap ke dalam sel untuk dimetabolisme. Namun, molekul yang lebih besar dan lebih kompleks seperti pati, protein dan selulosa, memerlukan enzim dan asam untuk mengurangi ukurannya cukup untuk diserap. Organisme hidup telah mengembangkan kemampuan untuk mensekresikan senyawa pencernaan yang spesifik sehingga dapat memanfaatkan persediaan makanan yang ada dengan sebaik-baiknya. Sebagai contoh, enzim amilase, yang ditemukan dalam air liur manusia digunakan untuk menghancurkan molekul pati rantai panjang.

Metode yang banyak digunakan untuk uji biodegradasi adalah *Soil Burial Test* (Subowo & Pujiastuti, 2003). *Soil Burial Test* merupakan metode penanaman sampel di dalam tanah, analisis dilakukan secara visual. Berdasarkan standar *European Union*, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan humus dalam waktu 6 hingga 9 bulan (Sarka, Krulis, Kotek, Lubomir, & Karbaroca, 2011)

Berdasarkan proses sintesis dan sumbernya polimer *biodegradable* diklasifikasikan menjadi empat, yaitu polimer dari biomassa, polimer dari produksi mikroba, polimer sintesis kimiawi dari sumber alam, polimer sintesis kimia dari sumber fosil. Polimer dari alam berasal dari polisakarida dan

protein/lipid. Polisakarida berasal dari pati (tepung, kentang), lingo-selulosa (kayu, sekam padi). Plastik *biodegradable* dari polimer alam sangat diminati karena bahannya mudah diperoleh dan mudah untuk terdegradasi oleh mikroorganisme. Suhu, konsentrasi polimer, dan *plasticizer* berpengaruh dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan suhu yang tinggi, agar interaksi antar molekul menjadi besar sehingga akan mudah retak, membuat pati tergelatinisasi sehingga membentuk pasta yang merupakan bentuk awal dari plastik. Kisaran suhu gelatinisasi pati kira-kira 64,5<sup>0</sup>C-70<sup>0</sup>C (Larson, 2010). Semakin banyak konsentrasi polimer yang ditambah maka plastik yang dihasilkan semakin tebal. *Plasticizer* berfungsi mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal, berfungsi mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif. Sifat mekanik yang menjadi standar dari *film* plastik *biodegradable* adalah kuat tarik, elongasi, dan modulus young, yang biasa disebut sebagai sifat peregangan. Uji tarik merupakan uji mekanik dasar yang digunakan untuk menentukan modulus elastisitas, batas elastis, elongasi, kekuatan tarik, titik didih dan sifat lainnya (Larson, 2010).

### C. Pati Biji Durian

Biji durian berbentuk bulat, berkeping dua, dan berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat muda (Rukmana, 1996). Kandungan pati pada biji durian tinggi, dan berpotensi sebagai alternatif pengganti bahan pangan. Di Indonesia biji durian sendiri belum banyak dimanfaatkan, hanya beberapa masyarakat saja yang menggunakan sebagai bahan makanan, dengan cara direbus. Menurut (Heyne, 1987), klasifikasi tanaman durian adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Malvales</i>
Famili	: <i>Bombacaceae</i>

Genus : *Durio*  
 Spesies : *Durio zibethinus murr*

Menurut Genisa dan Rasyid, komposisi dari biji durian hampir sama dengan biji-bijian dari family *Bombacaceae* (Rasyid & Genisa, 1994). Biji dari tanaman famili *Bombacaceae* kaya akan karbohidrat terutama patinya cukup tinggi sekitar 42,1% dibanding dengan ubi jalar 27,9% atau singkong 34,7% (Hutapea, 2010). Sedangkan untuk kandungan biji durian sendiri, terdapat dalam Tabel 3:

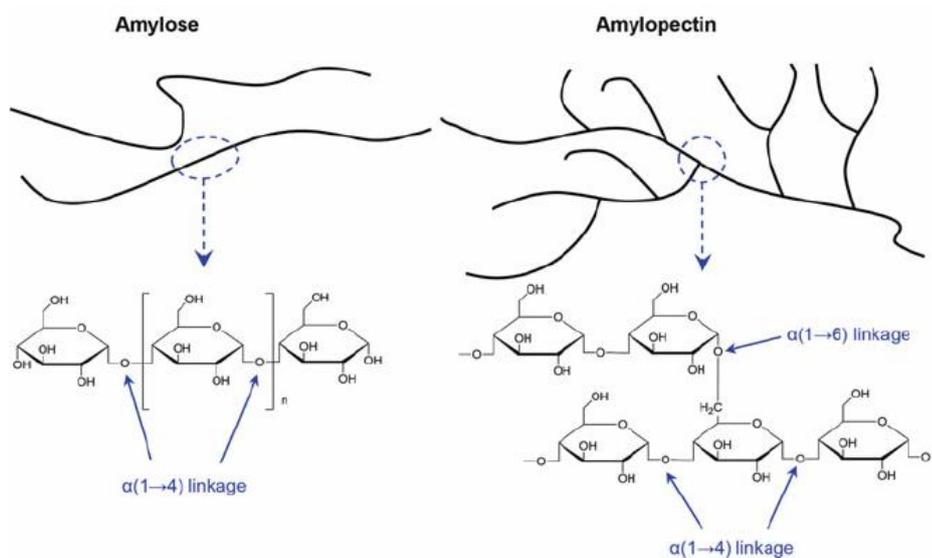
**Tabel 3.** Komposisi Kimia Biji Durian (Hutapea, 2010).

<b>Komponen</b>	<b>Biji Segar dalam 100 g Bahan</b>	<b>Biji yang telah dimasak dalam 100 g bahan</b>
Kadar air	51.5 g	51.1 g
Lemak	0.4 g	0.2-0.23 g
Protein	2.6 g	1.5 g
Karbohidrat	43.6 g	46.2 g
Abu	1.9 g	1.0 g
Kalsium	17 mg	39-88.8 mg
Fosfor	68 mg	86.65-87 mg
Zat Besi (Fe)	1.0 mg	0.60 mg
Riboflavin	0.05 mg	0.05-0.052 mg
Niasin	0.9 mg	0.89-0.9 mg



**Gambar 1.** Biji Durian (Hutapea, 2010).

Pati merupakan polisakarida yang banyak ditemukan pada tanaman dan disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuh-tumbuhan. Molekul-molekul pada polisakarida terdiri dari berbagai monosakarida dengan ikatan glikosida (Fessenden, 1986). Pati disimpan dalam bentuk granula dengan ukuran dan karakteristik yang spesifik untuk setiap jenis tanamannya. Pati terdiri dari dua fraksi dan dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi yang larut disebut amilosa dan fraksi yang tidak larut disebut amilopektin. Amilosa memberikan sifat keras (pera) sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilum terdiri dari 20% bagian yang larut air (amilosa) dan 80% bagian yang tidak larut air (amilopektin). Amilosa merupakan polimer linier dengan ikatan  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) unit glukosa. Amilopektin merupakan polimer polimer  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) unit glukosa dengan rantai samping  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) unit glukosa. Dalam suatu molekul pati ikatan  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) glukosa jumlahnya sangat sedikit, berkisar antara 4-5%. Amilosa berperan dalam pembentukan gel sedangkan amilopektin membentuk sifat viskoelastis. Peningkatan kadar amilosa mengurangi daya ikat pati dan menurunkan kekuatan gel, sedangkan kadar amilopektin yang tinggi membuat pati biji durian memiliki daya ikat yang sangat tinggi dibandingkan pati dari hasil tumbuhan yang lain seperti pati dari singkong, alpukat dan lain lain. (Suarti, Fuadi, & Siregar, 2013)



**Gambar 2.** Struktur Amilosa dan Amilopektin pada Pati (Xie, Pollet, Halley, & Averous, 2014)

Pada isolasi pati biji durian, pertama dilakukan pemilihan biji durian dengan kualitas yang bagus; selanjutnya biji durian dicuci berulang kali hingga bersih agar membersihkan kotoran yang melekat pada biji durian (Afif, Alsulaiman, Martel, & Barkun, 2006); selanjutnya pengupasan untuk memisahkan biji durian dari kulit arinya (Sulistiyowati, 2001) lalu perendaman pada air kapur untuk mengurangi getah atau lender, membuat tahan lama, mencegah timbulnya warna, sebagai pengeras atau member tekstur, dan untuk menurunkan senyawa oksalat yang ada pada biji durian. Selanjutnya biji durian diblender sampai halus, kemudian disaring, kemudian filtratnya dimasukkan ke dalam oven dan ketika sudah kering dihaluskan menggunakan lumpang alu dan kemudian diayak hingga diperoleh tepung yang halus dan homogen (Rukmana, 1996). Pati biji durian hasil isolasi berwarna kuning kecoklatan, tingkat keputihan pada pati dipengaruhi warna bahan yang akan diisolasi, yakni kotiledon dari biji durian yang berwarna putih kekuningan. Selain itu kualitas air pada proses isolasi pati juga berpengaruh, kebersihan dan kualitas air yang bagus akan menghasilkan pati yang lebih putih (Jufri, Dewi, & Ridwan, 2006).

#### **D. Zat Aditif Pada Pembuatan Plastik**

Penambahan zat aditif bertujuan untuk memperbaiki sifat bioplastik yang dihasilkan, memperluas atau memodifikasi sifat dasarnya atau dapat memunculkan sifat baru yang tidak ada dalam bahan dasarnya (Spink & Waychoff, 1958). Beberapa zat yang digunakan:

##### 1) *Polylactic Acid*

Poli asam laktat (PLA) merupakan poliester alifatik yang memiliki banyak keunggulan dibanding biopolimer lainnya diantaranya dapat diperbaharui, biokompatibilitas (Rasal, Janorkar, & Hirt, 2010). PLA merupakan poliester termoplastik linear yang mengandung ikatan ester dan diproduksi dari sumber yang dapat diperbaharui. Ikatan ester menyebabkan PLA dapat terdegradasi secara hidrolisis baik secara kimia maupun secara enzimatik (Pandey, 2004). Degradasi PLA dapat terjadi secara alami baik oleh panas,

cahaya, dan bakteri. PLA juga dapat terdegradasi dalam tubuh tanpa menimbulkan efek yang berbahaya. Sifat fisis dan mekanis PLA disajikan pada Tabel 4.

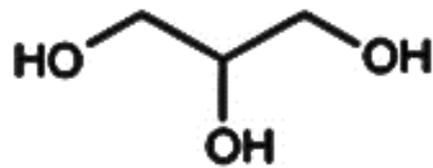
**Tabel 4.** Sifat Fisis dan Mekanis PLA

Parameter	Nilai
Bobot Molekul	100.000-300.000
Suhu Transisi gelas (T <sub>g</sub> , °C)	55-70
Titik Leleh (°C)	130-215
Kristalinitas (%)	10-40
Densitas	1.25
Yield Strength (MPa)	49
Elongasi (%)	2.5

PLA memiliki beberapa gugus hidroksil pada ujung rantainya, sehingga menyebabkan PLA dapat terdegradasi oleh alam. PLA mudah terdegradasi dan diserap di dalam tubuh sehingga banyak diaplikasikan dalam bidang medis (Radano, Baker, & Smith, 2000), selain itu PLA dapat dimanfaatkan sebagai serat, film dan bahan pengemas (Drumright, Gruber, & Henton, 2000). Penggunaan PLA sebagai bahan pengemas dapat mengurangi masalah akibat sampah karena PLA dapat terdegradasi secara alami.

## 2) Gliserol

Gliserol (1,2,3-propanetriol, gambar 5) berwujud cair yang tak berwarna, tidak berbau, kental dengan rasa manis, berasal dari bahan baku alami dan petrokimia. Gliserol merupakan salah satu zat kimia paling serbaguna (Bonnardeaux, 2006). Gliserol sangat larut dalam air dan alkohol, sedikit larut dalam pelarut umum seperti eter dan dioksan, namun tidak larut dalam hidrokarbon.



**Gambar 3.** Struktur Gliserol (Pagliaro, Williams, Daliani, Williams, Osai, & Kincaid, 2010)

Dalam kondisi murni, gliserol memiliki berat jenis  $1.261 \text{ g mL}^{-1}$ , titik leleh  $18,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $290 \text{ }^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer normal. Pada suhu rendah, gliserol dapat membentuk kristal yang meleleh pada suhu  $17,9^{\circ}\text{C}$ . Secara keseluruhan, gliserol memiliki kombinasi sifat fisik dan kimia, sesuai dengan Tabel 5:

**Tabel 5.** Sifat Fisikokimia Gliserol pada Suhu Kamar (Pagliaro, Williams, Daliani, Williams, Osai, & Kincaid, 2010)

Rumus Kimia	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$
Massa Relatif Molekul	$92.09382 \text{ g/mol}$
Densitas	$1.261 \text{ g/cm}^3$
Viskositas	$1.5 \text{ Pa.s}$
Titik Beku	$18.2^{\circ}\text{C}$
Titik Didih	$290^{\circ}\text{C}$
Kemurnian	$95-99,5\%$
Tegangan Permukaan	$63,4 \text{ Mn/m}$ pada $20^{\circ}\text{C}$

Gliserol mengandung tiga gugus hidroksil alkohol hidrofilik (relatif kecil), yang berperan atas kelarutan gliserol dalam air dan sifat higroskopisnya, karena molekul hidrofilik kecil maka mudah disisipkan diantara rantai polimer bahan dasar. Kondisi tersebut memodifikasi struktur molekul-molekul penyusun *edible film*. Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar, dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki *edible film*, kondisi tersebut menyebabkan perubahan sifat mekanik *edible*

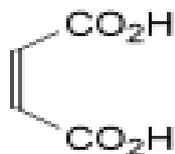
*film*. Perubahan sifat mekanik dapat diamati melalui uji kekuatan tarik dan elastisitas *edible film* (Fatma & Taufik, 2014).

### 3) Asam Maleat

Asam maleat merupakan senyawa vinil tidak jenuh yang merupakan bahan mentah dalam sintesa resin poliester pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan additive, minyak pelumas, *plasticizer*, kopolimer. Pada maleat anhidrat terdapat ikatan etilenik dengan gugus karbonil didalamnya, ikatan ini berperan dalam reaksi adisi (Arifin, 1996).

Asam maleat berbentuk kristal padat, berwarna putih, dengan rumus molekul  $C_4H_4O_4$ . Massa molekul asam maleat adalah 116,1 g/mol, yang mempunyai titik lebur 131-139°C, titik didihnya 135°C, titik leleh dari maleat adalah 138,5°C (281,3°F). Kelarutan dalam air 78 g/100 ml (25°C); Keasaman ( $pK_a$ )  $pK_{a1} = 1,83$ ,  $pK_{a2} = 6,07$ . Selain itu asam maleat berbau sedikit asam. Asam maleat mudah larut dalam air dingin, air panas. Pelarut yang sering digunakan adalah aseton, alkohol, asam asetat glasial, kloroform, asam pekat dan sedikit larut dalam dietileter (BPOM, 2010)

Asam maleat stabil di bawah kondisi suhu dan tekanan normal. Pada suhu di atas 100 °C, senyawa ini akan membentuk maleat anhidrida yang secara perlahan berubah menjadi asam fumarat pada rentang suhu 100-138 °C. Asam maleat ini tidak terbiodegradasi (BPOM, 2010)



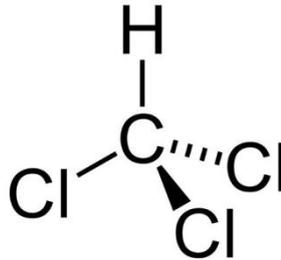
**Gambar 4.** Struktur Asam Maleat (European, 2005)

### E. Pelarut dalam Pembuatan *Film Plastik*

Pelarut merupakan cairan yang mampu melarutkan zat lain yang umumnya berbentuk padatan tanpa mengalami perubahan kimia. Dalam bentuk cairan dan padatan, tiap molekul saling terikat akibat adanya gaya tarik menarik antar molekul, gaya tarik menarik tersebut mempengaruhi pembentukan larutan. Beberapa pelarut yang digunakan dalam penelitian ini:

## 1) Kloroform

Pada suhu kamar, kloroform berbentuk cair, tidak berwarna dan mudah menguap dengan bau eter yang menyengat. Struktur molekulnya adalah  $\text{CHCl}_3$ . Struktur kimia kloroform ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 5.** Struktur Kloroform (WHO, IARC Monograph On The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2001)

**Tabel 6.** Sifat Fisis Kloroform (WHO, Chlorofome, 2004)

Rumus Molekul	$\text{CHCl}_3$
Berat Molekul	119,39 g/gmol
Wujud	Cairan Bening
Titik Didih	$61,2^{\circ}\text{C}$
Titik Leleh	$-63,5^{\circ}\text{C}$
Densitas	$1,48 \text{ g/cm}^3$
Suhu Kritis	$264^{\circ}\text{C}$
<i>Spesific gravity</i>	1,489
Viskositas	0,57 cp ( $20^{\circ}\text{C}$ )
Kapasitas Panas	0,234 kal/g $^{\circ}\text{C}$ , pada $20^{\circ}\text{C}$
Tekanan Kritis	53,8 atm
Suhu Kritis	$263^{\circ}\text{C}$
Kelarutan dalam 100 ml air	0,8 g ( $20^{\circ}\text{C}$ )

Menurut Kirk dan Othmer, ketika kloroform bereaksi dengan udara atau cahaya, maka akan teroksidasi menjadi senyawa beracun *phosgene* (karbonil klorida) (Kirk & Othmer, 1979). Kloroform bersifat karsinogen sehingga penggunaannya sangat dibatasi, nilai maksimum kandungan kloroform pada air adalah 0.07 mg/L, jika melebihi maka akan beresiko terhadap kesehatan (WHO, IARC Monograph On The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2001). Nilai ambang dari hasil produksi adalah  $49 \text{ mg/m}^3$  (SNI, 2005)

## 2) Asam Asetat

Asam asetat merupakan cairan yang rasanya masam dan pembuatannya melalui proses fermentasi alkohol (Anton, 2003). Sifat fisika dari asam asetat berbentuk cairan jernih, tidak berwarna, berbau menyengat, titik bekunya

pada 16.6°C dan titik didihnya 118,1°C, larut dalam alkohol, air dan eter, namun tidak larut dalam karbon disulfida, berat molekulnya 60.05.

#### F. Metode Karakterisasi *Film Plastik*

Karakterisasi *film* plastik meliputi karakterisasi FT-IR, uji ketahanan air, uji sifat mekanik (meliputi: kekuatan tarik, persen pemanjangan) dan uji biodegradasi

1. Karakterisasi Gugus Fungsi Pati, *Plasticizer*, dan *Film Plastik Biodegradable* menggunakan FT-IR

FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu sampel, gugus fungsi akan menyerap radiasi inframerah pada frekuensi tertentu. Spektroskopi inframerah merupakan teknik secara kualitatif, dengan melihat puncak serapan yang muncul dalam spektrum yang kemudian dibandingkan dengan tabel yang ada lalu dianalisis.

**Tabel 7.** Daftar Gugus Fungsi Pada Pati (Irhami, 2014)

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
3269.307	O-H
2925.452	C-H
1636.602 – 1339.342	O-H
1242.291	C-C
1148.488-1076.176	C-O
994.776-928.530	C-C

**Tabel 8.** Daftar Gugus Fungsi pada Gliserol (Fadliyani & Atun, 2015)

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
3387.59	Regangan O-H
2955.84	Regangan C-H alifatik
1209.066-849.8	C-C

**Tabel 9.** Daftar Gugus Fungsi *Polylactic Acid* (Wang, Xingxiang, Na, & Jianming, 2009)

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
1749	-C=O (Karbonil)
1182	-C-O dalam -CH-O-
1127-1044	-C-O dalam -O-C=O

## 2. Uji Ketahanan Air

Uji ini dilakukan untuk mengetahui keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui presentase penambahan berat polimer. Gelembung yang dihasilkan merupakan proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer. Sifat ketahanan plastik terhadap air ditentukan dengan analisis daya serap air (*water uptake*). *Film* yang dihasilkan diharapkan hanya menyerap sedikit air.

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

Dimana :

$W_0$  = berat sampel kering

$W$  = berat sampel setelah dikondisikan dalam air

Nilai serap air akan meningkat dengan adanya penambahan *plasticizer*, misalnya gliserol. Gliserol larut dalam air dan bersifat higroskopis. Adanya tiga gugus hidroksil dalam molekul gliserol bertanggung jawab atas naiknya nilai penyerapan air. Penambahan pati akan membuat daya serap air menurun begitu pula dengan penambahan biopolimer (Intan, Wan, & Wan, 2011).

## 3. Sifat Mekanik (*Tensile Strength* dan *Elongation*)

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai *film* sebelum putus. Uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum. Metode kuat tarik menggunakan metode ASTM, standar ASTM yang digunakan untuk uji tarik film plastik adalah ASTM D882 (ASTM, 2000). Penambahan *plasticizer* mempengaruhi kuat tarik. Kuat tarik dapat diukur menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

$\sigma$  = kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$F_{maks}$  = beban maksimum(kgf)

$A_0$  = luas penampang awal (cm)

Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum yang dialami plastik pada uji kuat tarik ketika sampel patah/robek. Elastisitas akan menurun dengan bertambahnya polimer.

#### 4. Uji Biodegradasi

Uji ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama *film* plastik dapat terurai. Uji ini dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: menggunakan enzim, mikroorganisme, maupun *soil burial test* (kontak langsung dengan tanah). Hasil dari uji biodegradasi ini akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, air, senyawa organik dan tidak meninggalkan residu yang beracun (Gautam, Hsu, Tsay, Lau, & Holben, 2011). Pada penelitian ini menggunakan metode *soil burial test*. ASTM mengeluarkan standar D6400-99 “Standar Spesifikasi untuk Plastik dapat Dikompos”. ASTM mengeluarkan standar mengenai lamanya *film* plastik terdegradasi. Menurut ASTM 5336, plastik yang terbuat dari campuran PLA terurai sempurna setelah 60 hari (Averous, Moro, Dole, & Fringant, 2008).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Sejak bulan Januari 2017 hingga Mei 2017.

#### **B. Metode Penelitian**

##### **1. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan adalah alat kaca, *magnetic stirrer* dan *hotplate*, termometer alkohol, blender, saringan, cetakan plastik, oven Imperial V, ayakan 100 *mesh*, *Stograph D-I822-L*, FTIR Shimadzu 21.

Bahan-bahan yang digunakan biji durian, *aquadest*, gliserol p.a, *Polylactic acid* (PLA) p.a, asam asetat, asam maleat p.a, kloroform p.a, CaCO<sub>3</sub> teknis.

##### **2. Prosedur Penelitian**

###### **a. Isolasi Pati Biji Durian**

Isolasi pati dari biji durian merupakan awal dari penelitian ini. Pertama biji durian dikupas hingga kulit arinya hilang, lalu dicuci dengan air hingga bersih. Sekitar 500 gram biji durian yang telah bersih dipotong kecil-kecil. Potongan dari biji durian direndam dalam larutan CaCO<sub>3</sub> (1 g/l) selama 1 jam, kemudian dibilas dengan *aquadest*. Setelah dicuci dengan *aquadest*, biji durian di hancurkan menggunakan blender dengan penambahan air dengan perbandingan 1:1. Bubur biji durian yang dihasilkan disaring dengan kain, residu dibuang dan filtrat didiamkan selama 24 jam. Setelah didiamkan selama 24 jam, dikeringkan dalam oven pada suhu  $\pm 65^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Serbuk pati yang dihasilkan dihaluskan menggunakan lumpang alu, kemudian diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*.

b. Penyediaan Larutan

- Asam Asetat

Asam asetat 0.5 M dibuat dengan mengencerkan 1.43 ml asam asetat glassial pada labu ukur 50ml dan diencerkan hingga tanda batas.

- Lugol

Aquadest sebanyak 20 ml diletakkan dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan KI 2 gram diaduk hingga rata. Setelah itu, ditambahkan I<sub>2</sub> sebanyak 1 gram ke dalam gelas kimia tersebut dan diaduk kembali hingga homogen. Kemudian, campuran tersebut diencerkan dengan aquadest sebanyak 80ml. Sebelum digunakan larutan disimpan dalam tempat sejuk.

c. Pembuatan *Film Plastik Biodegradable* Pati Biji Durian

Pembuatan *film* plastik dilakukan dengan metode *blending*, yaitu proses pencampuran antara pati, gliserol dan *Polylactic acid*. Variasi pada *film* terletak pada PLA dan gliserol, sedangkan untuk pati; asam asetat; asam maleat variasinya sama pada masing-masing perlakuan. Pertama disiapkan dua buah gelas kimia yang deiberi label A dan B. Pada gelas kimia A, *Polylactic acid* dilarutkan dalam kloroform (dengan perbandingan 1:10), dipanaskan diatas *hotplate* pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan 500 rpm hingga PLA larut sempurna. Ketika sudah larut sempurna ditambahkan 0,13 gram asam maleat dan dilarutkan kembali hingga homogen. Pada gelas kimia B, pati dilarutkan dengan gliserol, dipanaskan pada suhu  $\pm 80^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan 500 rpm hingga homogen dan mengental, setelah mengental ditambahkan asam asetat. Setelah kedua campuran homogen, gelas kimia B dimasukkan kedalam gelas kimia A diaduk hingga homogen kemudian dilihat apakah ada gelembung, jika tidak maka langsung dicetak. Campuran didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam, jika sudah *film* plastik dilepaskan dari cetakannya.

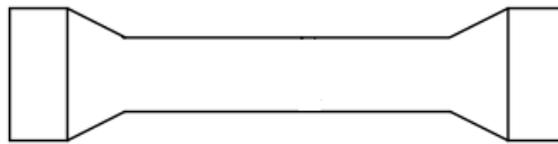
d. Karakterisasi *Film* Plastik

- Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR

Analisa gugus fungsi menggunakan FT-IR dilakukan untuk pati, *Polylactic acid*, dan *film* plastik. Sampel tersebut dihaluskan dengan pellet KBr. Sampel dianalisa pada panjang gelombang antara 4000-515  $\text{cm}^{-1}$  menggunakan alat FT-IR, dan dihasilkan spektrum pada layar komputer.

- Uji Kekuatan Tarik dan Presentase Pemanjangan

Sampel diuji menggunakan *tensile strength Strograph* sesuai dengan ASTM (*American Standard Testing Method*) D1882 untuk pengukuran kekuatan tarik *bio-film*. Uji kuat tarik dilakukan dengan mengaitkan ujung-ujung specimen *film* plastik yang berukuran 6 x 2 cm, seperti pada gambar



**Gambar 6.** Spesimen Uji Kekuatan Tarik

Lalu beban penarik dipasang, plastik ditarik hingga putus dengan kecepatan tarik sebesar 40 mm/min, besar beban penarik dan perubahan panjang pada saat putus ditarik

- Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air pada *film* plastik *biodegradable* dilakukan dengan analisis daya serap air (*water uptake*) yaitu *film* dipotong menjadi ukuran 2x2 cm, massa plastik sebagai  $W_0$ , lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi 50 ml aquadest pada suhu kamar. Setelah 10 detik potongan *film* diambil dan dihilangkan air yang menempel dengan kertas hisap, lalu ditimbang sebagai massa plastik  $W_t$ . perendaman dilakukan terus menerus hingga diperoleh berat yang konstan. Air yang terserap dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\%$$

Dimana:

$W_o$  = berat sampel kering

$W_t$  = berat sampel setelah direndam dalam air

Lalu persen ketahanan plastik terhadap air dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Ketahanan Air} = \frac{W_o - \text{massa air yang diserap}}{W_o} \times 100\%$$

- Uji *Biodegradasi*

*Biodegradasi* adalah proses penguraian secara alami yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti jamur dan bakteri serta dipengaruhi adanya oksigen. Uji *biodegradasi* dilakukan untuk mengetahui seberapa lama *film* tersebut dapat terurai oleh mikroorganisme. Metode yang digunakan adalah penguburan atau pemendaman dalam tanah (*soil burial test*) selama 14 hari. *Film* plastik ditanam didalam tanah dengan ukuran 5 x 8 cm<sup>2</sup> dengan kedalaman 2 cm. Sampel *film* berukuran 2 x 5 cm<sup>2</sup> yang ditimbang massanya sebagai  $W_o$ , lalu ditanam didalam tanah. Masing-masing *film* ditanam dengan jarak 3 cm, dan diberi label. *Film* yang sudah ditanam selama 14 hari diamati perubahan strukturnya dan massanya ditimbang sebagai  $W_1$ . Perhitungan yang dilakukan:

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{W_o - W_1}{W_o} \times 100\%$$

Dimana:

$W_o$  = berat sampel sebelum dikubur

$W_1$  = berat sampel setelah dikubur

Waktu yang digunakan untuk uji *biodegradasi* adalah 14 hari, maka perhitungan laju degradasi menggunakan persamaan:

$$\text{Laju degradasi} = \frac{W_o - W_1}{14 \text{ hari}} \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g.}$$

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. ISOLASI PATI BIJI DURIAN**

Penelitian ini diawali dengan tahap ekstraksi tepung pati pada biji durian. Biji durian sebesar 2000 gram dicuci, dikupas, dipotong berbentuk dadu, setelah itu biji durian direndam dalam larutan  $\text{CaCO}_3$  (1 gram/liter), pada saat perendaman getah dari biji durian keluar, kemudian biji durian dicuci kembali dengan aquadest hingga getahnya berkurang lalu di tiriskan. Selanjutnya biji durian dihancurkan menggunakan blender dengan perbandingan 1:1 (500 gram biji durian : 500 ml aquadest), dihasilkan bubur yang berwarna putih lalu kental. Kemudian disaring menggunakan kain, hanya filtratnya saja yang diambil, sedangkan untuk residunya dibuang. Filtrat didiamkan selama 24 jam, lalu bubur dimasukkan kedalam oven pada suhu  $\pm 65^\circ\text{C}$  selama 24 jam, filtrat yang dimasukkan menjadi kering dan berwarna coklat kejinggaan, dan didapatkan beratnya sebesar 392,7 gram. Kemudian dilakukan penghalusan yang dilakukan berulang kali hingga serbuk pati dapat melewati ayakan 100 mesh, berat yang didapatkan sebanyak 144 gram, teksturnya halus berwarna kuning kecoklatan dengan berat rendemen sebesar 7,2%. Kemudian, tepung pati diuji dengan lugol, dengan melakukan penetesan pada tepung dan dihasilkan warna ungu kehitaman yang menunjukkan hasil positif bahwa di dalam pati tersebut mengandung amilum.

#### **B. PEMBUATAN *FILM PLASTIK BIODEGRADABLE***

*Film* plastik berbahan dasar pati dari biji durian (*Durio zibethinus murr*) dibuat dengan memvariasikan massa dari gliserol dan *Polylactic acid* dengan perbandingan sebesar 2:6, 3:5, 4:4, 5:3, 6:2. Gliserol digunakan untuk meningkatkan sifat elastis *film* plastik, sedangkan *Polylactic acid* diharapkan mampu memberi nilai kuat tarik yang tinggi. Metode pembuatan *film* plastik menggunakan metode *blending* (pencampuran).

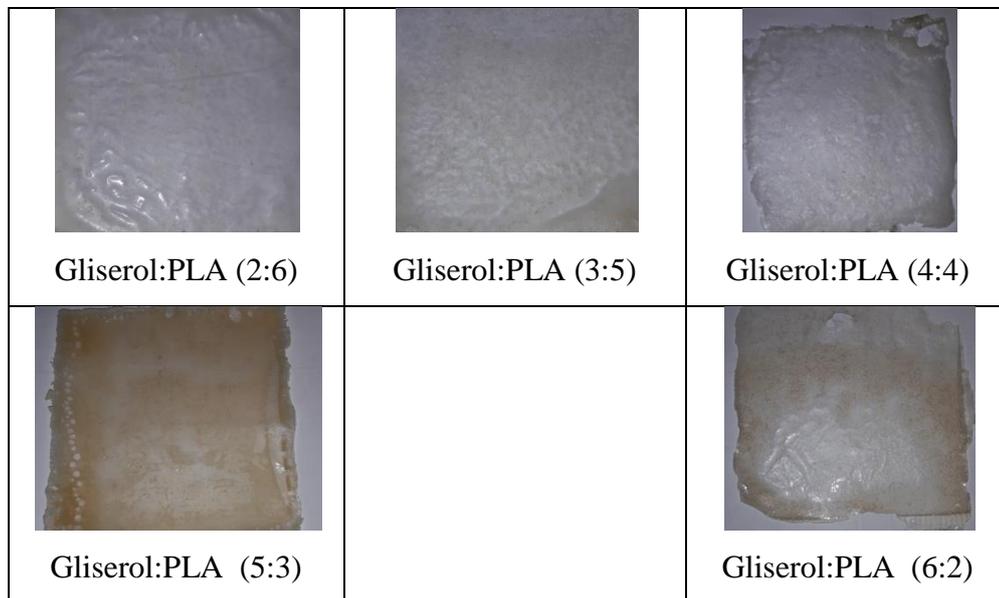
*Polylactic acid* berbentuk padatan sehingga harus dilarutkan menggunakan kloroform diatas *hotplate stirrer* pada suhu  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan 200rpm. Perbandingan antara *Polylactic acid* dengan kloroform adalah 1:10, dimana 1 gram *Polylactic acid* dilarutkan dalam 10 ml kloroform. Pemanasan diatas suhu  $40^{\circ}\text{C}$  akan memunculkan gelembung-gelembung yang berpengaruh ketika proses pencetakan, sehingga *film* yang dihasilkan bergelembung. Ketika PLA sudah larut sempurna maka ditambahkan asam maleat yang berfungsi agar pati, gliserol dan PLA menjadi homogen. Hasilnya berupa larutan yang berwarna bening, kental, dan tidak berbau.

Pada gelas kimia lainnya, pati dilarutkan dengan gliserol pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan 500 rpm. Pengadukan pada kecepatan 500 rpm dilakukan agar larutan lebih cepat homogen, pemilihan pemanasan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  karena berdasarkan teori Jacob (2014), yang menyatakan bahwa pada suhu tersebut terjadi proses gelatinasi molekul pati yang mengakibatkan ikatan pada struktur amilosa akan cenderung saling berdekatan sehingga kekuatan ikatan yang terjadi semakin tinggi. Setelah pati dan gliserol homogen, ditambahkan asam asetat yang berfungsi memutus ikatan hidrogen pada amilopektin sehingga menghasilkan struktur rantai lurus seperti amilosa. Larutan menberwarna coklat, kental, dan berbau asam menyengat. Ketika kedua larutan sudah homogen, maka larutan pati dimasukkan kedalam larutan *Polylactic acid* dan diaduk hingga kedua larutan homogen sempurna. Ketika kedua larutan digabungkan, larutan berwarna coklat muda, semakin kental dan berbau asam. Kemudian larutan di cetak pada cetakan plastik.

Pada pembuatan *film* berat total keseluruhannya adalah 13 gram, dimana berat pati 2% dari berat total, sedangkan untuk asam maleat sebesar 1%, untuk komposisi gliserol dan PLA pada setiap *film* massanya berbeda. Pada *film* pertama perbandingan masa antara gliserol:PLA adalah 6:2 gram, dihasilkan *film* yang tidak rata, terdapat banyak gelembung di bagian pinggir, PLA dan pati belum terlalu homogen, lengket, berbau asam, lentur. Pada *film* kedua perbandingan masa antara gliserol dan PLA sebesar 5:3 gram yang dihasilkan *film* yang homogen dan terdapat sedikit gelembung di pinggir, lumayan rata, lengket, lentur

dan berbau asam. Pada *film* dengan komposisi 4:4 gram (gliserol:PLA) dihasilkan *film* yang kurang homogen, tidak bergelembung, berbau asam, lentur, lengket. Pada perbandingan gliserol:PLA sebesar 3:5 gram, dihasilkan *film* yang tidak rata, tidak homogen, tidak ada gelembung, lengket, berbau asam. Pada perbandingan masa gliserol dan PLA sebesar 2:6 gram, dihasilkan *film* yang kurang homogen, terdapat sedikit gelembung, lengket, berbau asam, lentur dan tidak rata. *Film* plastik yang dihasilkan berupa lembaran tipis transparan yang berwarna bening ke coklatan, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Jacob (2014), warna keruh pada *film* plastik dipengaruhi pati hasil ekstraksi yang berwarna kecoklatan.

Variasi masa antara gliserol dan *Polylactic acid* yang ditambahkan pada pembuatan *film* tidak memberikan pengaruh terhadap transparansi warna *film* plastik. Hal ini terjadi karena gliserol dan *Polylactic acid* tidak berwarna, gliserol hanya memberi pengaruh pada sifat elastis *film*, sedangkan *Polylactic acid* memberikan pengaruh kuat tarik yang tinggi



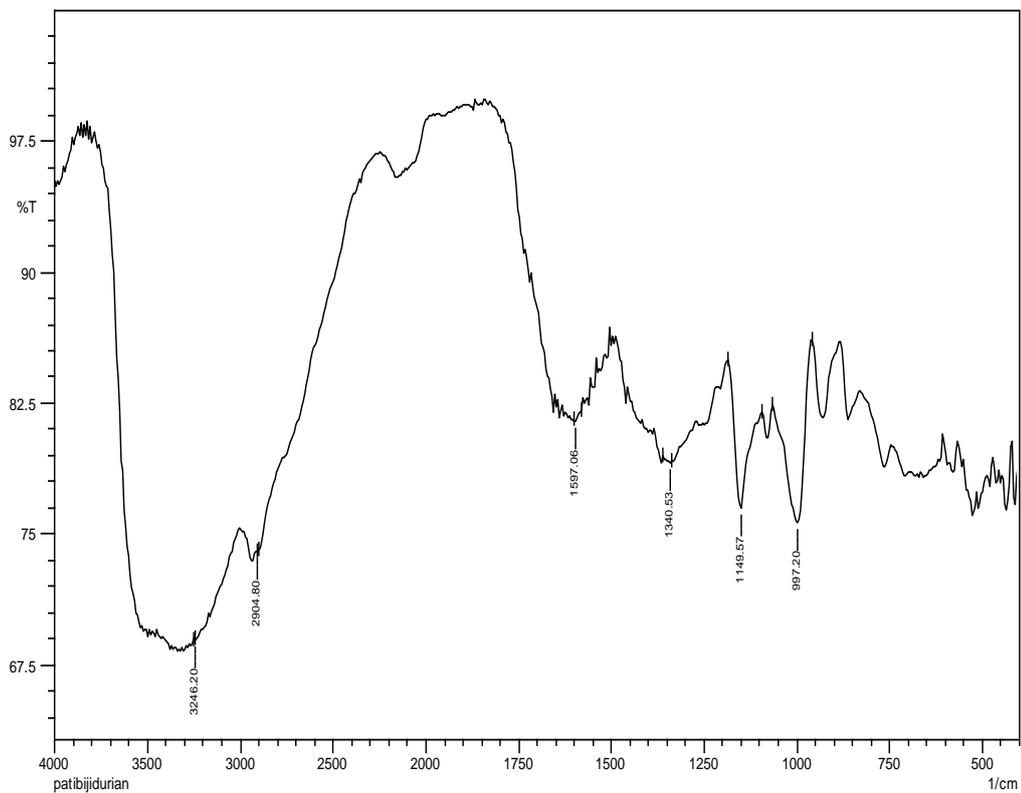
**Gambar 7.** Hasil dari Pembuatan *Film* Plastik

### C. KARAKTERISASI *FILM PLASTIK BIODEGRADABLE*

*Film* plastik yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan analisis FT-IR, di uji terhadap air, uji kekuatan tarik, persen pemanjangan, dan uji *biodegradasi*.

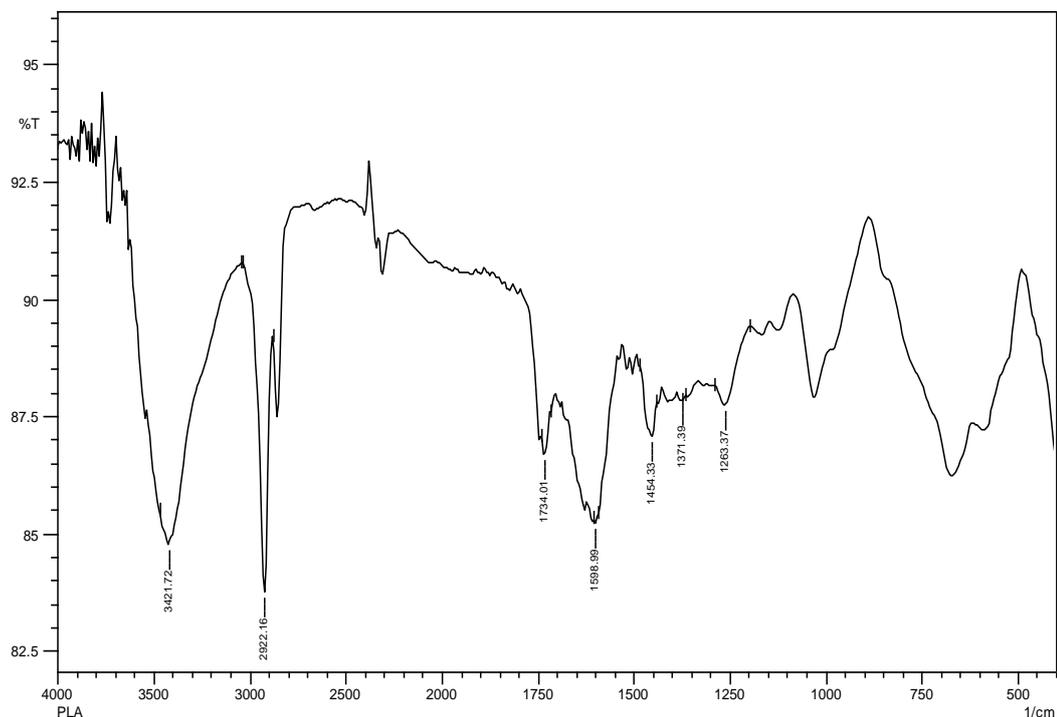
#### 1. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR

Analisis gugus fungsi dilakukan pada empat jenis sampel. Sampel pertama adalah tepung pati biji durian, sampel kedua adalah *Polylactic acid*, sampel ketiga adalah *film* plastik *biodegradable* dengan perbandingan masa antara PLA dan gliserol adalah 2:6 gram yang digabung dengan *film* plastik *biodegradable* dengan perbandingan masa 6:2 gram (gliserol:PLA). Hasil analisis spektrum infra merah dari *film* plastik *biodegradable* diuji untuk mendeteksi adanya perubahan gugus fungsi atau terbentuknya senyawa baru. Berikut adalah hasil spektrum inframerah dari pati biji durian:



**Gambar 8.** Spektrum Inframerah Pati Biji Durian

Spektrum inframerah pada Gambar 8 merupakan spektrum inframerah pati biji durian yang menunjukkan adanya regangan gugus hidroksil (OH) pada bilangan gelombang  $3246,20\text{ cm}^{-1}$  dengan pita serapan yang lebar, regangan ikatan C-H alifatik terletak pada bilangan gelombang  $2904,80\text{ cm}^{-1}$ . Adanya pita serapan pada bilangan gelombang  $1149,57\text{ cm}^{-1}$  teridentifikasi sebagai regangan C-O dari ikatan C-O-H. Berdasarkan analisis spektrum IR, dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki gugus  $-\text{OH}$ , ikatan C-H, ikatan C-O-H.

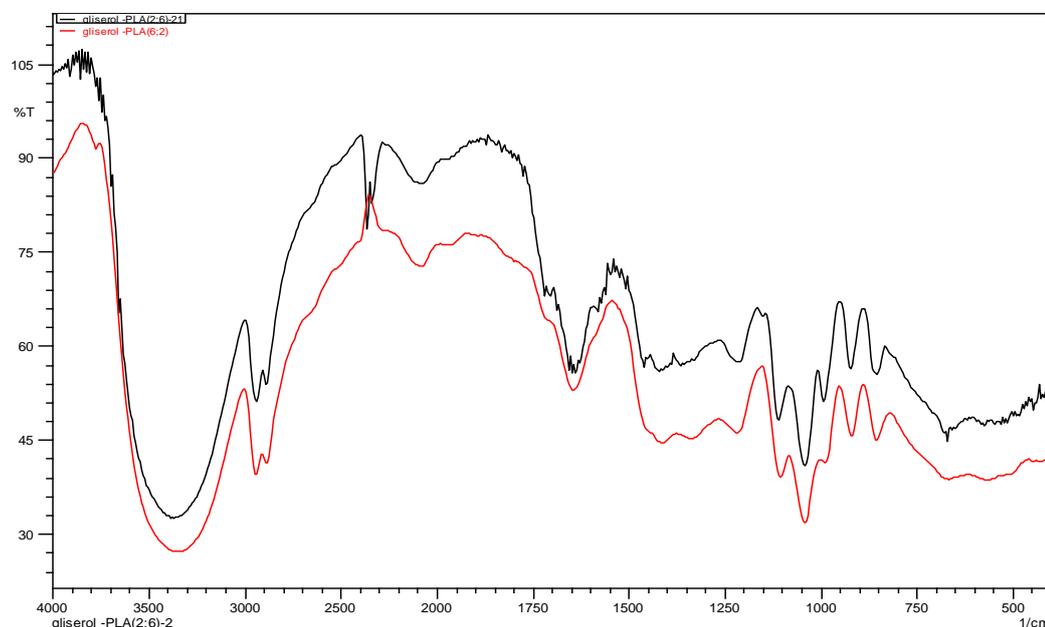


**Gambar 9.** Spektrum Inframerah *Poly(lactic Acid)*

Gambar 9 menunjukkan spektrum inframerah dari *Poly(lactic acid)*. Pada puncak serapan gelombang  $3421,72\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi regangan OH, hal ini menurun dari monomer ke polimer karena adanya proses polimerisasi yang menggunakan gugus OH ketika bereaksi dengan gugus asam untuk membentuk ikatan ester (Nikolic, Ristic, Adnadjevic, Nikolic, Jovanovic, & Stankovic, 2010) Pada panjang gelombang  $2922,16\text{ cm}^{-1}$  merupakan *stretching* dari C-H. Pada panjang gelombang  $1734,01\text{ cm}^{-1}$  merupakan *stretching* dari C=O karbonil (Oroszco & Brostow, 2009). *Stretching* yang terletak pada  $1598,99\text{ cm}^{-1}$

merupakan vibrasi dari C-H (asimetris dan simetris). Streching C-O dari estert ditemukan pada panjang gelombang  $1263,37 \text{ cm}^{-1}$  (Kemala, Budianto, & Soegiyono, 2012). Pada puncak serapan pada panjang gelombang kisaran  $1100 \text{ cm}^{-1}$  merupakan stretching  $\text{-C-O}$  dari  $\text{-O-C=O}$  (Wang, Xingxiang, Na, & Jianming, 2009).

Berdasarkan hasil spektrum, dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki tidak memiliki gugus lain diluar dari gugus-gugus yang terdapat pada *Polylactic acid*.



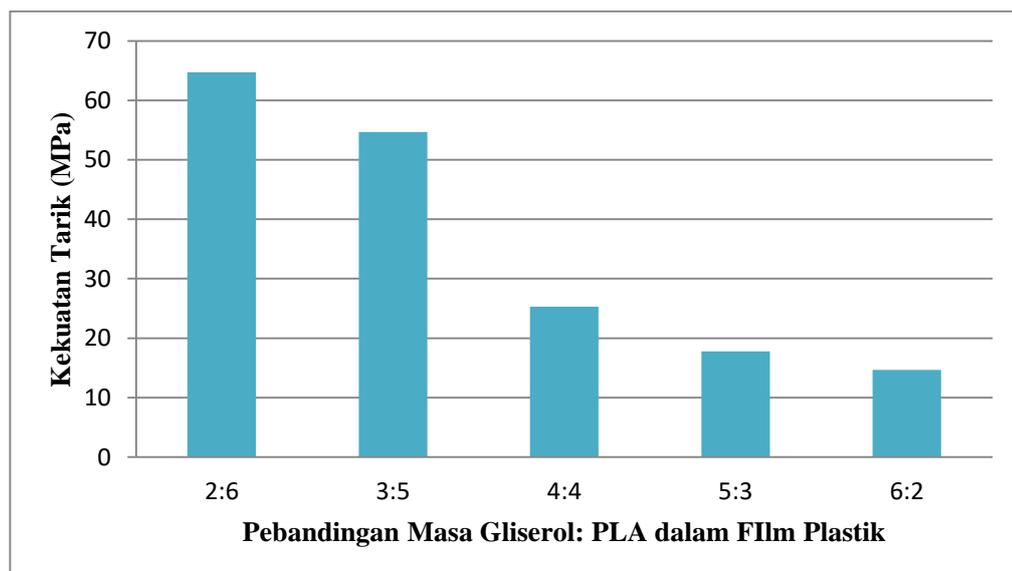
**Gambar 10.** Spektrum IR *Overlay* antara *Film Plastik Biodegradable* dengan Perbandingan Gliserol:PLA (2:6) dengan Gliserol:PLA (6:2)

Gambar 10 merupakan spektrum *overlay* antara *film plastik biodegradable* gliserol:PLA (2:6) dengan gliserol:PLA (6:2) yang menunjukkan bahwa perbandingan gliserol dan *Polylactic acid* tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap serapan gelombang. Spektrum inframerah menunjukkan adanya regangan gugus hidroksil (OH) yang ditunjukkan dengan gelombang serapan yang lebar pada bilangan gelombang  $3379,29 \text{ cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang  $1359,82 \text{ cm}^{-1}$  merupakan *stretching* dari C-O-C dan pada panjang gelombang  $1215,15 \text{ cm}^{-1}$  merupakan *stretching* simetris maupun tidak simetris

dari C-O-C dari *Polylactic acid* (Jahno, Ligabue, Ribero, & Ferreira, 2010). Pada daerah bilangan gelombang 1109,07  $\text{cm}^{-1}$  merupakan bending dari C-O dai O-C=O dari *Polylactic acid*, karena bending C-O (Wang, Xingxiang, Na, & Jianming, 2009). Sedangkan puncak serapan pada bilangan gelombang 991,41  $\text{cm}^{-1}$  hingga 856,39  $\text{cm}^{-1}$  merupakan regangan C-C dari gliserol.

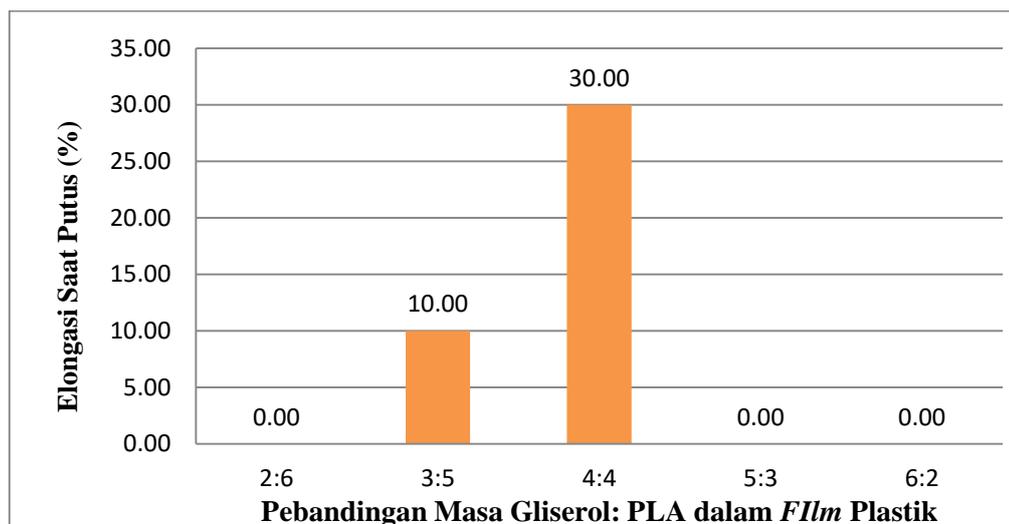
## 2. Uji Kekuatan Tarik dan Persen Pemanjangan

Pengujian sifat mekanik *film* plastik menggunakan alat uji tarik *strogaph* dengan standar ASTM-D1882 (ASTM, 2000). Sifat mekanik suatu material dipengaruhi besarnya komponen yang terkandung pada material tersebut. Pati, gliserol dan *Polylactic acid* memiliki peran dalam mempengaruhi sifat mekanik *film* plastik. *Plasticizer* gliserol akan memberikan sifat elastis pada plastik. Sedangkan *Polylactic acid* membuat *film* menjadi lebih kuat, tidak mudah rapuh. Pada perbandingan gliserol:PLA 2:6 dihasilkan nilai 64.707 MPa, pada perbandingan 3:5 nilainya 54.648, pada perbandingan 4:4 dihasilkan nilai 25.305 MPa, pada perbandingan 5:3 nilainya 17.805 MPa dan pada perbandingan 6:2 dihasilkan nilai 14.649 MPa. Hasil uji sifat mekanik untuk grafik kekuatan tarik (*tensile strength*) yang diperoleh dari *film* plastik:



**Gambar 11.** Grafik Pengaruh Perbandingan Masa Gliserol:PLA Terhadap Nilai Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Berdasarkan Grafik 11, perbandingan gliserol:PLA mempengaruhi nilai kekuatan tarik. Semakin banyak *plasticizer* gliserol yang ditambahkan pada *film* plastik, maka nilai kekuatan tariknya semakin rendah. Sedangkan, semakin sedikit penambahan *Polylactic acid*, nilai kekuatan tariknya semakin rendah pula. Hal ini membuktikan bahwa nilai kekuatan tarik akan sebanding dengan bertambahnya nilai *Polylactic acid*, namun berbanding terbalik dengan nilai *plasticizer* gliserol. Nilai kuat tarik untuk *Polylactic acid* berkisar 48-53 MPa (Clarival & Halleux, 2005) sehingga semakin banyak *Polylactic acid* yang ditambahkan nilai kuat tariknya bertambah. Semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka *plasticizer* tersebut akan menempati ruang intramolekul dalam rantai polimer, sehingga molekul-molekul zat pemlastis mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk bergerak yang mengakibatkan kekakuan menurun sehingga kekuatan tariknya menurun pula (Fatma & Taufik, 2014). Persen pemanjangan merupakan keadaan saat *film* patah, ketika mengalami perubahan ukuran panjang dari ukuran sebelumnya. Sifat ini menunjukkan kemampuan *film* dalam menahan beban sebelum *film* plastik putus. Berdasarkan hasil uji, pada perbandingan 2:6, 5:3, 6:2 nilai persen pemanjangannya adalah nol, namun pada perbandingan 3:5 dan 4:4 dihasilkan nilai pemanjangan sebesar 10.00% dan 30.00%. Grafik hasil persentase pemanjangan yang diperoleh dari *film* plastik:

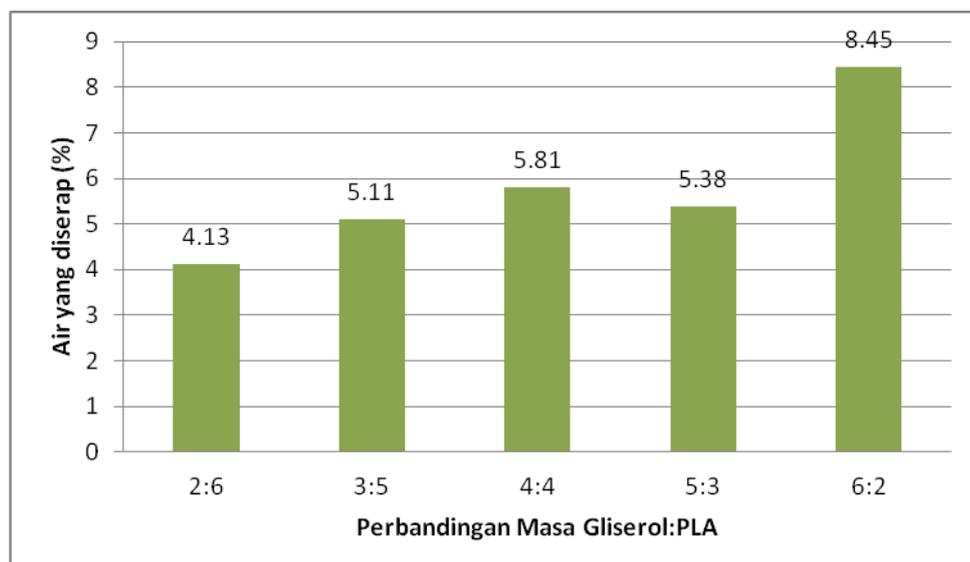


**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Masa Gliserol:PLA Terhadap Nilai Persen Pemanjangan (*Elongation at Break*)

Berdasarkan Grafik 12 dapat disimpulkan *film* yang mempunyai persen pemanjangan dengan nilai yang bagus, perbandingan antara gliserol dan PLA tidak boleh terlalu timpang. Hal ini dikarenakan, jika PLA lebih banyak maka *film* akan menjadi terlalu kaku sehingga persen pemanjangannya akan semakin berkurang, sedangkan semakin banyak penambahan *plasticizer*, maka ikatan kohesi antar polimer akan semakin kecil dan *film* yang terbentuk akan lebih lunak sehingga tidak mudah putus. Semakin tinggi nilai pemanjangan *film* plastik, maka semakin baik kekuatannya dalam menahan tekanan/tarikan sehingga lebih elastis dan tidak mudah sobek.

### 3. Uji Ketahanan Air

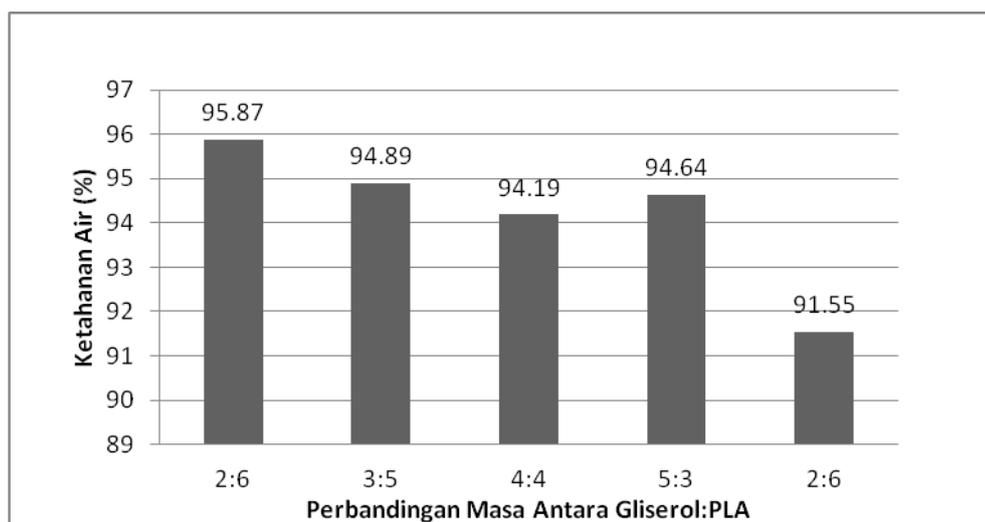
Uji ketahanan *film* plastik terhadap air dapat ditentukan dengan analisis daya serap air (*water uptake*) yang sesuai dengan standar ASTM D570-98 (ASTM, 2000). Hasil yang diharapkan *film* plastik hanya menyerap sedikit air sehingga plastik yang dihasilkan masih kuat meskipun terkena air. Berdasarkan hasil uji dan perhitungan, persentase air yang diserap semakin tinggi yang sebanding dengan penambahan dari gliserol, berikut grafik perbandingan gliserol:PLA terhadap daya serap air.



**Gambar 13.** Grafik Pengaruh Perbandingan Masa Gliserol:PLA pada Film Plastik Terhadap Daya Serap Air

Grafik 13 menunjukkan nilai serap air meningkat dengan adanya penambahan *plasticizer*. Gliserol larut dalam air dan bersifat higroskopis. Adanya tiga gugus hidroksil dalam molekul gliserol bertanggung jawab atas naiknya nilai penyerapan air pada komposit (Zauszniewski, Eggenschwiler, Preechawong, Roberts, & Morris, 2006). Penambahan pati akan membuat daya serap air oleh komposit menurun serta penambahan biopolimer dalam komposit mengurangi serapan air (Intan, Wan, & Wan, 2011). *Plasticizer* berpengaruh terhadap daya serap air karena terbentuknya ikatan hidrogen antara gliserol dengan air, gliserol bersifat hidrofilik. *Polylactic acid* tidak mempengaruhi daya serap air, karena *Polylactic acid* sendiri memiliki sifat nonpolar sedangkan air bersifat polar. Penambahan biopolimer dalam komposit akan mengurangi daya serap air, pati bersifat hidrofobik sehingga membuat daya serap menurun (Intan, Wan, & Wan, 2011).

Ketahanan air pada *film* plastik diketahui dari air yang diserap oleh plastik, semakin sedikit air yang diserap maka *film* plastik lebih tahan air. Semakin tinggi daya serap dari suatu komposit, maka persentase terhadap ketahanan air menurun. Berikut grafik pengaruh perbandingan gliserol dan PLA terhadap persentase ketahanan air

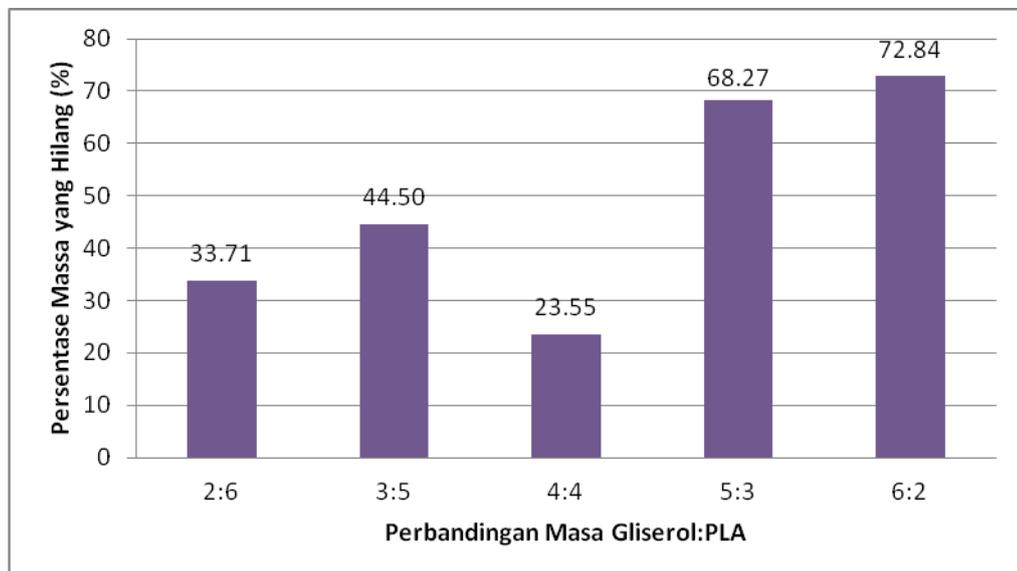


**Gambar 14.** Grafik Pengaruh Perbandingan Masa Gliserol:PLA Terhadap Ketahanan Air Pada *Film* Plastik

Berdasarkan Grafik 14 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *Polylactic acid* yang ditambahkan maka *film* plastik semakin tahan terhadap air, karena *Polylactic acid* bersifat hidrofobik, sehingga tidak bisa berikatan hidrogen dengan air. Semakin sedikit penambahan *plasticizer* maka sifat ketahanan air pada *film* semakin berkurang, karena interaksi air dengan *film* plastik semakin berkurang karena sedikitnya ikatan hidrogen yang terbentuk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *plasticizer* yang digunakan *film* plastik semakin berkurang ketahanannya terhadap air dan semakin banyak *Polylactic acid* yang digunakan maka akan semakin bertambah ketahanan terhadap air.

#### 4. Uji Biodegradasi

Uji *biodegradasi* dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan *film* plastik untuk hancur di dalam tanah. Metode yang digunakan pada uji ini adalah *soil burial test*, yaitu uji kontak langsung antara *film* plastik dengan tanah, dengan cara ditanam di dalam tanah. Banyaknya massa yang hilang (%) dari hasil uji *biodegradasi* dapat dilihat dari grafik dibawah ini:



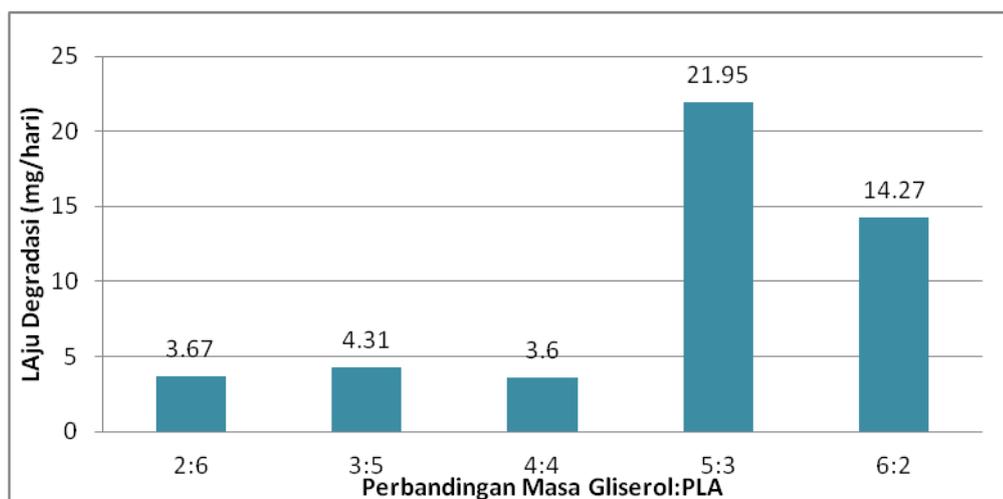
**Gambar 15.** Grafik Pengaruh Perbandingan Masa Gliserol:PLA Terhadap Massa Plastik dalam Uji Biodegradasi

Berdasarkan Gambar 15 konsentrasi perbandingan gliserol dan *Polylactic acid* mempengaruhi massa plastik selama uji biodegradasi. Semakin banyak

gliserol yang digunakan maka film plastik lebih cepat terdegradasi. Namun, pada perbandingan 4:4 terjadi penurunan, hal ini dikarenakan massa dari gliserol dan *Polylactic acid* sama. Pada perbandingan gliserol:PLA (6:2) massa yang terdegradasi menghasilkan nilai yang paling tinggi, hal ini dikarenakan gliserol memiliki tiga gugus hidroksil, sehingga gugus-gugus ini dapat mengikat air yang berada di tanah, sehingga menyebabkan film lembab dan memudahkan mikroorganisme menghancurkan film tersebut.

Pada perbandingan gliserol:PLA (2:6) massa yang terdegradasi menghasilkan nilai yang rendah. Pada *Polylactic acid*, gugus OH tersebut akan berikatan dengan ikatan  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) pada amilosa pati, sehingga ikatan hidrogen yang terjadi mengakibatkan terbentuknya struktur hidrofobik dengan kelarutan yang rendah, dan membuat film lebih sulit menyerap air yang berada di dalam tanah sehingga mikroba akan lebih membutuhkan waktu untuk menguraikan film tersebut

Plastik *biodegradable* memiliki komponen penyusun yang mudah didegradasi secara alami, dengan adanya bantuan dari mikroorganisme dan makroorganisme di dalam tanah maka akan mempercepat laju degradasi plastik. Banyaknya komponen pada komposit mempengaruhi lamanya plastik untuk terdegradasi, semakin sedikit komponen penyusunnya maka semakin cepat plastik untuk terdegradasi. Laju degradasi dapat dilihat melalui grafik di bawah ini:



**Gambar 16.** Grafik Pengaruh Perbandingan Masa Gliserol:PLA Terhadap Laju Degradasi Plastik *Biodegradable*

Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka laju degradasinya meningkat pula kecepatannya, sedangkan *Polylactic acid* sendiri tidak mempengaruhi laju degradasi film tersebut. Pada variasi gliserol dan PLA sebesar 2:6 gram memiliki laju degradasi sebesar 3.67 mg/hari, pada perbandingan masa 3:5 gram sebesar 4.31 mg/hari, pada perbandingan gliserol dan PLA sebesar 4:4 gram memiliki laju degradasi 3.6 mg/hari, pada perbandingan 5:3 gram memiliki laju degradasi sebesar 21.95 mg/hari dan pada perbandingan gliserol:PLA sebesar 6:2 memiliki laju degradasi sebesar 14.27 mg/hari. *Film* plastik biodegradable memiliki komponen penyusun yang mudah terdegradasi secara alami dengan bantuan mikroorganisme dan makroorganisme di dalam tanah. Masa dari komponen penyusun mempengaruhi lamanya plastik terdegradasi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi masa antara gliserol dan *Polylactic acid* berpengaruh terhadap sifat mekanik *film* yang dihasilkan. *Film* plastik dengan perbandingan masa gliserol:PLA 2:6 gram memiliki kuat tarik maksimum yaitu sebesar 64.707 MPa dan Elongasi tertinggi terletak pada perbandingan masa 4:4 gram yaitu sebesar 30%. Berdasarkan uji ketahanan air, *film* dengan perbandingan gliserol:PLA sebesar 2:6 memiliki ketahanan yang paling tinggi yaitu sebesar 95.87%.
2. Variasi masa antara gliserol dan *Polylactic acid* yang ditambahkan pada pembuatan *film* tidak memberikan pengaruh terhadap transparansi warna maupun kerataan pada permukaan *film*.
3. *Film* plastik dengan perbandingan masa gliserol:PLA 6:2 gram lebih mudah terdegradasi dengan laju degradasi 14,27 mg/hari, dengan massa yang hilang sebesar 72,84%. Variasi perbandingan antara gliserol dan *Polylactic acid* mempengaruhi sifat biodegradasi suatu *film*.

#### **B. SARAN**

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk meningkatkan *film* plastik *biodegradable* yang dihasilkan, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai:

1. Mencari kondisi yang tepat agar dihasilkan *film* yang lebih bagus.
2. Mencari zat additif yang pas agar *film* yang dihasilkan lebih homogen.
3. Mencari metode yang lebih tepat agar dihasilkan *film* yang lebih bagus.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Afif, W., Alsulaiman, R., Martel, M., & Barkun, A. N. (2006). Predictors of Inappropriate Utilization of Intravenous Proton Pump Inhibitors. Wiley Online Library.
- Ahmad, A. (2015). Treatment and Re-utilization of Incinerator Bottom Ash Waste. *Lambert Academy Publishing*.
- Anton, A. (2003). Dasar-dasar Mikrobiologi Industri.
- ASTM. (2000). *ASTM Standar D882*. Retrieved from Test Methods for Tensile Properties of Thin Sheeting: <http://www.astm.org>
- Astuti, A. W. (2010). *Pembuatan Edible Film dari Semirefine Carrageenam (Kajian Konsentrasi Tepung Src dan Sorbitol)*. Jawa Timur: UPN.
- Averous, L., Moro, L., Dole, P., & Fringant, C. (2008). Properties of Thermoplastics Blends: Starch-Polycaprolactone. *Elsevier Polymer* , 4157-4167.
- Billmeyer, F. W. (1971). *Text of Polymer Science*. New York: John Willer and Son Inc.
- Bonnardeaux, J. (2006). *Glyceron Overview*. Australia: Western Australia Department of Agriculture and Food.
- Bourtoom, T. (2007). *Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edibe Film Prepared From Starch*.

- BPOM. (2010). *Asam Maleat*. Retrieved June 18, 2017, from <http://ik.pom.go.id/v2013/katalog/asam%20maleat.pdf>
- Chiellini, E. (2001). Environmentally Degradable Polymers and Plastics (EDPs)- An Overview.
- Clarival, A. M., & Halleux, J. (2005). Classification of Biodegradable Polymers. *Boca Raton* , 3-31.
- Darni, Y., Chici, A., & Sri, I. (2010). *Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol*. Universitas Lampung. Lampung: Prosding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II.
- Depkes. (2005). *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Dorgan, J. R., Lehermeier, H., & Mang, M. (2000). Thermal and Rheological Properties of Commercial-grade Poly(lactic acid). *Journal Polymer Environmetal* , VIII, 1-9.
- Dragunski, D. C., & Pawlicka, A. (2011). Preparation and Characterization of Starch Grafted with Toluene Poly(propylene oxide) Diisocyanate. *ScieELO* , 2 (2).
- Drumright, R. E., Gruber, P. R., & Henton, D. E. (2000). Polylactic Acid Technlogy. *Wiley Online Library* , 1841-1846.
- Elfira, S. (2008). Retrieved Febuary 7, 2017, from Prinsip Pengawetan Pangan: <http://tekhnologi-hasil-pertanian>

- European, P. (2005). *Maleic Acid*. Retrieved July 12, 2017, from [http://library.njucm.edu.cn/yaodian/ep/EP501E/16\\_monographs/18\\_monographs\\_1-p/maleic\\_acid/0365e.pdf](http://library.njucm.edu.cn/yaodian/ep/EP501E/16_monographs/18_monographs_1-p/maleic_acid/0365e.pdf)
- Fadliyani, N., & Atun, S. (2015). Pemanfaatan Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Sintesis Gliserol Asestat. *Penelitian Saintek*, 20 (2).
- Fatma, R. M., & Taufik, M. (2014). Pengaruh Variasi Persentase Gliserol Sebagai Plasticizer Terhadap Sifat Mekanik Edible Film dari Kombinasi Whey dan Agar.
- Fessenden. (1986). *Kimia Organik 2*. Jakarta: Erlangga.
- Gautam, R., Hsu, N. C., Tsay, S. C., Lau, K., & Holben, B. (2011). Accumulation of Aerosols Over The Indo-Gangetic Plains and Southern Slopes of The Himalayas: distribution, properties and radiative effects during The 2009 Premonsoon Season. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12841-12863.
- Griffin, D., Buehler, R., & Ross, M. (1994). Exploring The "Planning Fallacy" Why People Underestimate. *The American Psychological Association Inc*, 366-381.
- Hasnah, H., & Mamot, S. (2004). Penentuan Kandungan Nutrien dan Antinutrien dalam Kernel Biji Mangifera Pajang Koster.
- Heyne, K. (1987). Tumbuhan Berguna Indonesia. In *Jlid I dan II Terjemahan Badan Libang Kehutanan*. Jakarta Pusat: Koperasi Karyawan Dapertemen Kehutanan.

- Hustianty, R. (2006). Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka Sebagai Bahan Enkapsulasi.
- Hutapea, P. (2010). Pembuatan Tepung Biji Durian dengan Variasi Perendaman.
- Intan, D. M., Wan, A., & Wan, A. R. (2011). Tensile and Water Absorption Properties of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana* , 40 (7), 713-718.
- Irhami, Z. R. (2014). Analisa Pengaruh Pati Biji Durian (*Durio zibethinus*) Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Komposit Matrik Polipropilena (PP). *Teori dan Aplikasi Fisika* , II, 2.
- Jahno, V. D., Ligabue, R., Ribero, G., & Ferreira, M. R. (2010). *Sintese e Caracterizacai do Poli (Acido L-Lactico)e sua Avaliacao em Culturas de Osteoblastos Humanos*. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciencia dos Materiais.
- Jufri, M., Dewi, R., & Ridwan, A. (2006). Studi Kemampuan Pati Biji Durian Sebagai Bahan Pengikat dalam Tablet Ketoprofen Secara Granulasi Basah. In *Majalah Ilmu Kefarmasian* (Vol. III).
- Kemala, T., Budianto, E., & Soegiyono, B. (2012). Preparation and Characterization of Microspheres Based On Blend of Poly(lactic acid) and Poly(e-caprolactone) with poly(vinyl alcohol) as emulsifier. *Arabian Journal of Chemistry* , 103-108.
- Kirik, T. (1967). Some Aspects of Theory of Fronts and Frontal Analysis. *Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society* , 272-273.

- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1979). Encyclopedia of Chemical Technology 3rd Edition. *The Inter Science Encyclopedia Inc* , 15-20.
- Larson, L. C. (2010). Digital Reader: The Next Chapter in E-Book Reading and Response. Wiley Online Library.
- Listianingrum. (2013). *Kajian Pemanfaatan Kulit Singkong dan Sintesa Plastik Biodegradable Polylactic Acid dengan Variasi Plasticizer*. 2013: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Mintarsih, T. H. (2015). *Rangkaian HLH 2015-Dialog Penanganan Sampah*. Retrieved June 6, 2017, from <http://www.menlh.go.id>
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi* , III, 3.
- Nasiri, S. J. (2008). Mengenal Polylactic acid. Jakarta: Majalah Sentra Polimer Tahin VII Nomor 27.
- Nikolic, L., Ristic, L., Adnadjevic, B., Nikolic, V., Jovanovic, J., & Stankovic, M. (2010). Novel Microwave-Assisted Synthesis of Poly(D,L-lactide): The Influence of Monomer/Initiator Molar Ratio on The Product Properties Sensors. *10*, 5063-5073.
- Nurul. (2006). *Sintesis dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus murr*) Menggunakan Plasticizer Gliserol dan Sorbitol*. Jakarta.
- Oroszco, V. H., & Brostow, W. (2009). Retrieved June 11, 2017, from Preparation and Characterization Of Poly(lactic acid)-g-Maleic

Anhydride+StarchBlends:

<http://lapom.unt.edu/publications/pdf%20articles/Victor%202009.pdf>

Pagliaro, L. C., Williams, D. L., Daliani, D., Williams, M. B., Osai, W., & Kincaid, M. (2010). Neoadjuvant Paclitaxel, Ifosfamide and Cisplatin Chemotherapy for Metastatic Penile Cancer. *Clinical Oncology* .

Pandey, A. (2004). Role of a mitogen-activated protein kinase pathway during conidial germination and hyphal fusion in *Neurospora crassa*. *3* (2), 348-358.

Radano, C. P., Baker, G. L., & Smith, M. R. (2000). Stereoselective Polymerization on Monomer with a Racemic Catalyst: Direct Preparation of the Polylactic Acid Stereocomplex from Racemic Lactide. *American Chemical Society* , *122*, 1552-1553.

Rasal, R. M., Janorkar, A. V., & Hirt, D. E. (2010). Poly(lactic acid) Modification. *Progress in Polymer Science* , *35* (3), 338-256.

Rasyid, & Genisa. (1994). Komposisi Biji Durian dalam Satu Buah Biji.

Rukmana, R. (1996). Durian: Budidaya dan Pasca Panen.

Sarka, E., Krulis, Z., Kotek, J., Lubomir, R., & Karbaroca, A. (2011). Application of Wheat B-Starch. *Czech Journal of Food Science* , *29* (3), 232-242.

Simajuntak, P., Roni, R., Yantayati, W., & Judi, R. (2000). *Manfaat dan Komposisi Kimia Buah Durian*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- SNI. (2005). Retrieved June 6, 2017, from Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja: [http://web.ipb.ac.id/~tml\\_astp/test/SNI%2019-023202005.pdf](http://web.ipb.ac.id/~tml_astp/test/SNI%2019-023202005.pdf)
- Spink, W. P., & Waychoff, W. F. (1958). Modern Plastic Encyclopedia Issue. *Plasticizers Frados Joel* .
- Suarti, B., Fuadi, M., & Siregar, B. H. (2013). Pembuatan Pati dari Biji Durian Melalui Penambahan Natrium Metabisulfit dan Lama Perendaman.
- Subowo, W. S., & Pujiastuti, S. (2003). Plastik yang Terdegradasi Secara Alami Terbuat dari LDPE dan Pati Jagung Terlapis. *Pusat Penelitian Fisika (P2F) LIPI* .
- Sulistiyono. (2016). Penggunaan Produk Plastik dari Petrokimia dengan Bahan Dasar Minyak dan Gas Bumi, Manfaat dan Bahayanya Bagi Kesehatan dan Lingkungan. *VI No 2*.
- Sulistiyowati, A. (2001). Membuat Keripik Buah dan Sayur.
- Wang, N., Xingxiang, Z., Na, H., & Jianming, F. (2009). Effects of Water On The Properties of Thermoplastic Starch Poly(lactic acid) Blend Containing Citric Acid. *Thermoplastic* .
- WHO. (2004). *Chlorofome*. Retrieved from Concise International Chemical Assessment Document No 58. Geneva: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad58.pdf>
- WHO. (2001). *IARC Monograph On The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*.

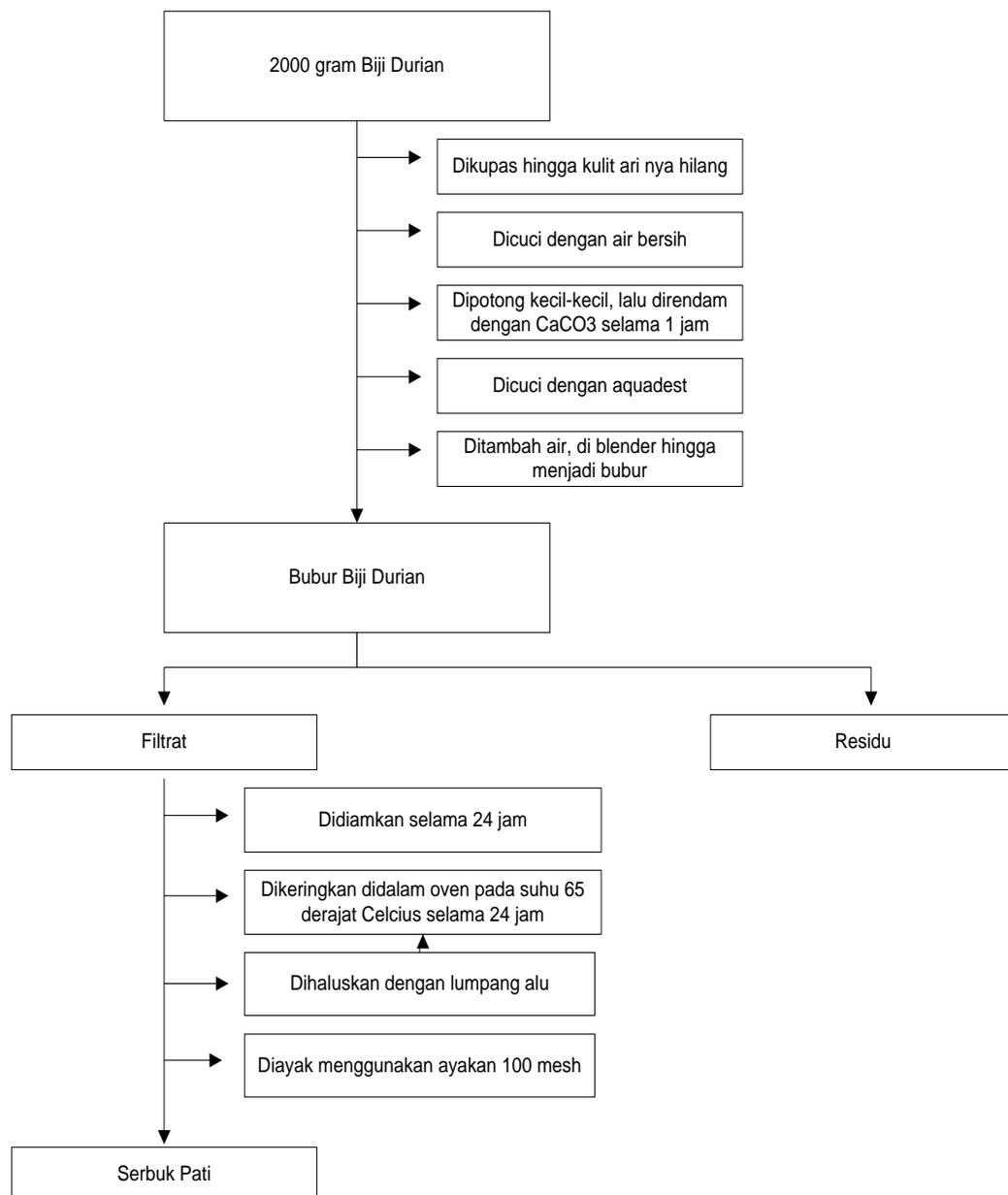
- Wiley. (2011). *Laser Welding of Plastics, First Edition*. Retrieved June 2017, 6, from [https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527409726\\_c01.pdf](https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527409726_c01.pdf)
- Xiao, L., Wang, B., Yang, G., & Gauthier, M. (2012). Poly(lactic acid)-Based Biomaterials: Synthesis, Modification and Application. *Biomedical, Science, Engineering and Technology In Tech* .
- Xie, F., Pollet, E., Halley, J. P., & Averous, L. (2014). Advanced Nanobicomposites Based on Starch. *Springer International Publishing* .
- Yam, K. L. (2007). Gas Penetration of Packing Materials. *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology 3rd edition* , 551-555.
- Yuliasih, I., & Raynasari, B. (2014). Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Mekanik Kemasan Plastik Ritel. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke 3*. Yogyakarta.
- Zauszniewski, J. A., Eggenschwiler, K., Preechawong, S., Roberts, B. L., & Morris, D. L. (2006). Effects of Teaching Resourcefulness Skills In Elder. *Aging and Mental Health* , 10 (4), 1-9.
- Zeid, D. M. (2001). *Anaerobic Biodegradation of Natural and Synthetic Polyesters*. Von der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität Carolo-Wilhemina zu Braunschweig.
- Zheng, L., Zhou, M., Chai, Q., Parrish, J., Xue, D., & Patrick, S. M. (2005). *Novel Function of The Flap Endonuclease 1 Complex In Processing Stalled DNA Replication Forks*. Scientific Report.
- Zobel, H. F. (1992). Starch: Source, Production and Properties. 23-29.

## LAMPIRAN

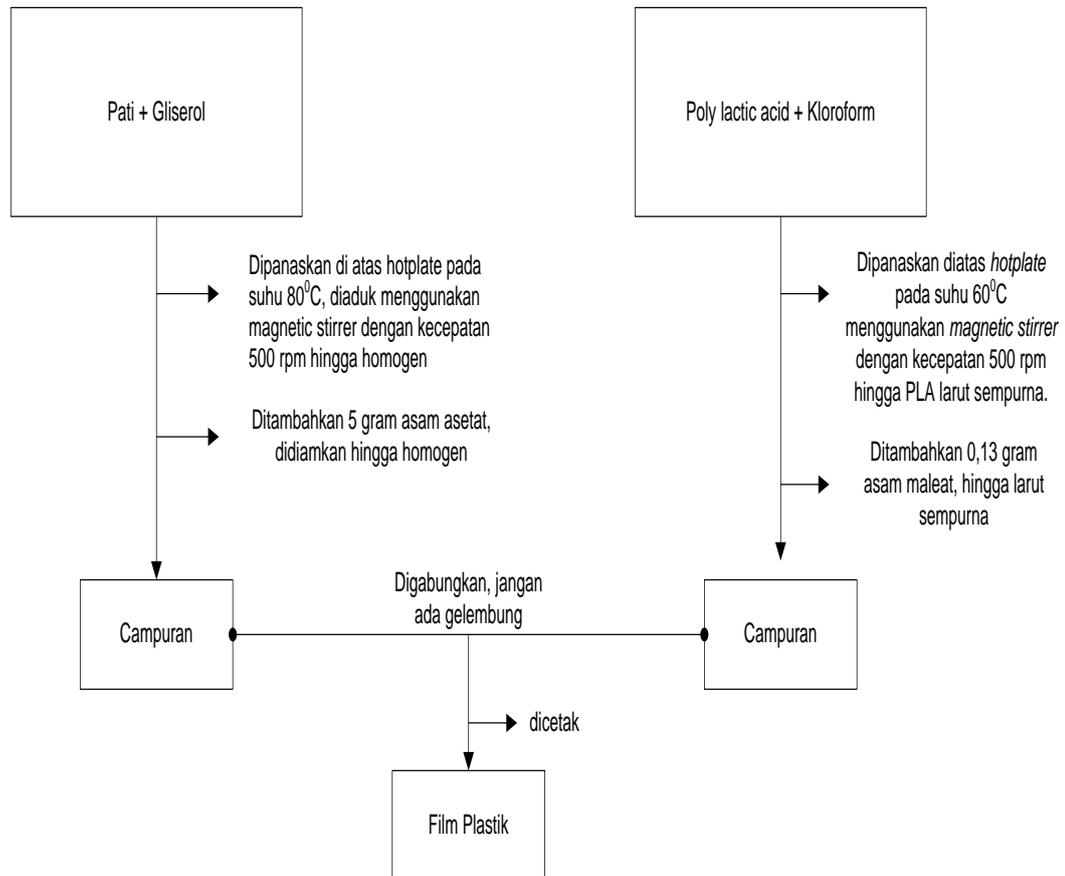
### Lampiran 1. Bagan Kerja

Diagram alir prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan Pati Biji Durian

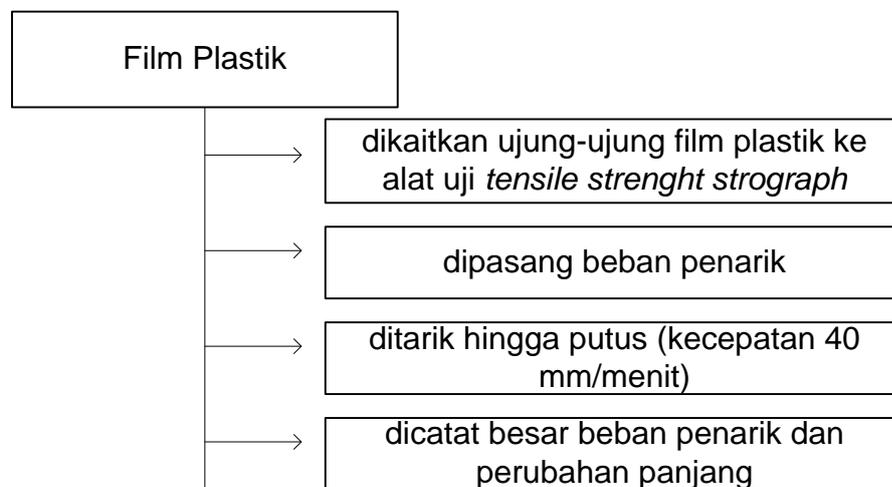


## 2. Pembuatan *Film Plastik Biodegradable* Pati Biji Durian

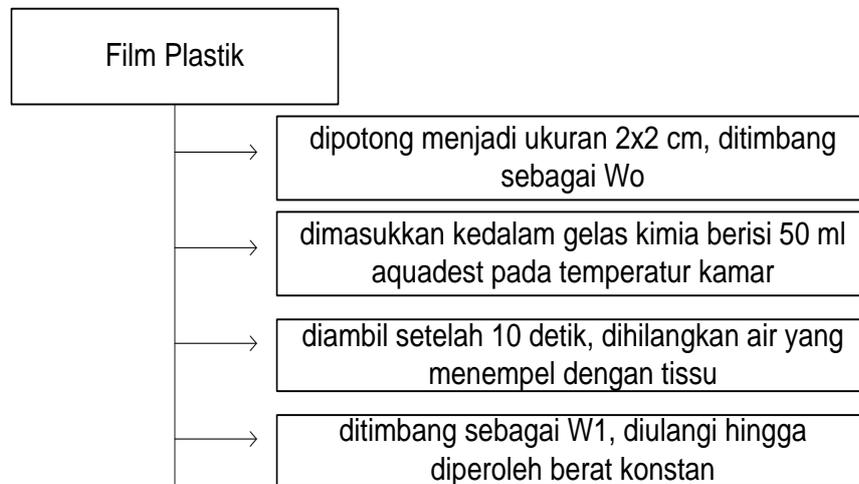


## 3. Karakterisasi *Film Plastik Biodegradable*

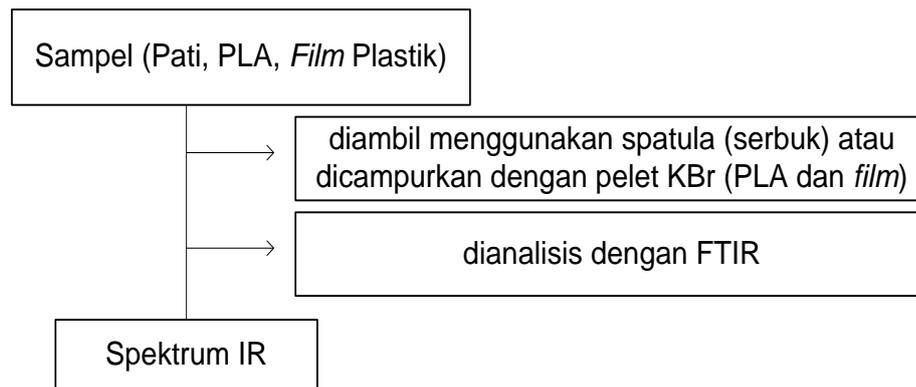
### a. Uji Kekuatan Tarik dan Persentase Pemanjangan



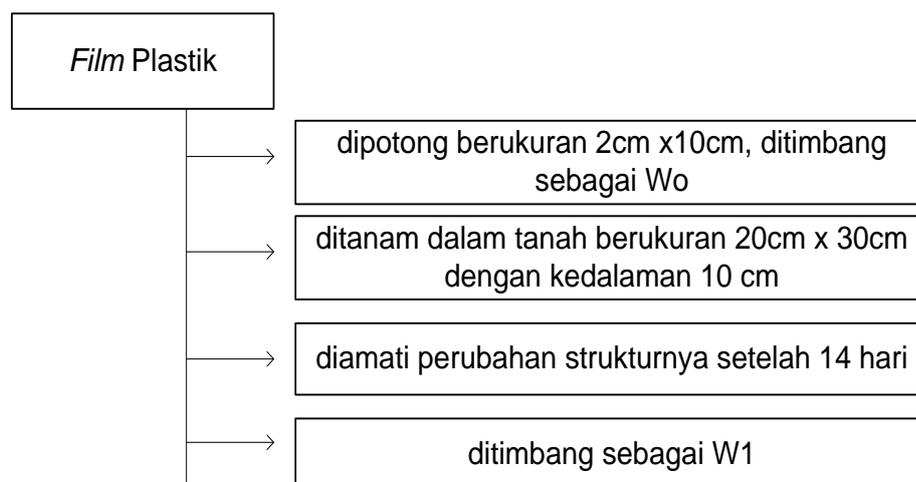
b. Uji Ketahanan Air



c. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR



d. Uji *Biodegradasi*



### Lampiran 2. Data Uji Ketahanan Air

Sampel Plastik (Gliserol:PLA)	W <sub>0</sub> (gram)	W <sub>t</sub> (gram)	Air yang diserap (%)	Ketahanan Air Plastik (%)
2:6	0,0412	0,0429	4.13	95.87
3:5	0,0959	0,1008	5.11	94.89
4:4	0,0620	0,0656	5.81	94.19
5:3	0,2416	0,2546	5.38	94.64
6:2	0,1503	0,1630	8.45	91.55

Air yang terserap dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Ketahanan air (%) dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Ketahanan air} = \frac{W_0 - \text{massa air yang diserap}}{W_0} \times 100\%$$

### Lampiran 3. Data Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi

Sampel		Lebar (mm)	Tebal (mm)	Kuat Tarik Maksium (MPa)	Elongasi Saat Putus (%)
Gliserol (gram)	PLA (gram)				
2:6		3	0.433	64.707	0.00
3:5		3	0.302	54.648	10.00
4:4		3	0.252	25.305	30.00
5:3		3	0.718	17.805	0.00
6:2		3	0.429	14.649	0.00

#### Lampiran 4. Data Uji Biodegradasi

Pebandingan		W <sub>o</sub>	W <sub>1</sub> (gram)	Massa yang Hilang (%)	Laju Degradasi (mg/hari)
Gliserol (gram)	PLA (gram)	(gram)			
2	6	0.1519	0.1007	33.71	3.67
3	5	0.1355	0.0752	44.50	4.31
4	4	0.2140	0.1636	23.55	3.60
5	3	0.4501	0.1428	68.27	21.95
6	2	0.2743	0.0745	72.84	14.27

Presentase massa yang hilang dihitung menggunakan persamaan:

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{W_o - W_1}{W_o} \times 100\%$$

Laju degradasi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Laju degradasi} = \frac{W_o - W_1}{14 \text{ hari}} \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}$$

#### Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

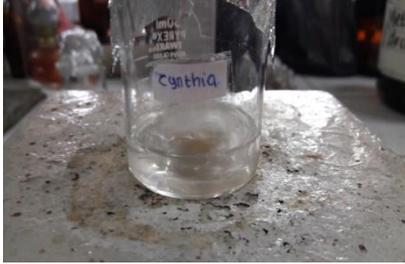
##### 1. Proses pembuatan tepung biji durian

	
Proses pengupasan biji durian	Proses perendaman biji durian dalam CaCO <sub>3</sub>

	
Proses penghalusan biji durian	Proses penyaringan biji durian
	
Proses pengovenan	Proses penggerusan biji durian
	
Pati biji durian hasil ekstraksi	

## 2. Proses Pembuatan *Film* Plastik

	
Proses pengujian pati dengan lugol	Proses pengadukan dan pemanasan pati dengan <i>magnetic stirrer</i>

	
Proses pengadukan dan pemanasan PLA dengan <i>magnetic stirrer</i>	Proses penggabungan pati dan <i>Polylactic acid</i> dengan <i>magnetic stirrer</i>
	
Pencetakan <i>film</i> plastik	<i>Film</i> plastik

### 3. Karakterisasi *Film* Plastik *Biodegradable*

#### a. Uji kekuatan tarik dan persentase elongasi (uji mekanik)

	
Bentuk spesimen	<i>Dumb bell</i> untuk membentuk specimen
	
Mikrometer sekrup untuk mengukur <i>film</i>	Alat uji tarik <i>stograph</i>

b. Uji *biodegradasi* dan Ketahanan Terhadap Air

- Uji Ketahanan Terhadap Air



Proses Perendaman Film



Penimbangan film



Film Plastik Setelah Uji Ketahanan Air

- Uji Biodegradasi



Tanah untuk uji biodegradasi



Persiapan penanaman film



Film plastik setelah ditanam selama  
14 hari

## Riwayat Hidup Penulis



**Cynthia Arsyani.** Lahir di Jakarta, 20 Juni 1995. Anak satu-satunya dari Arry Setiadarma dan Wahyuningsih Wibowo, ini telah menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta pada Agustus 2017. Saat ini penulis tinggal di Cengkareng Indah Blok B No 14, kecamatan Cengkareng, kelurahan Kapuk, Jakarta Barat.

Tahun 2013 penulis lulus dari SMA Negeri 2 Jakarta dan pada tahun yang sama lulus seleksi masuk UNK melalui jalur undangan. Penulis memilih Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama mengikuti perkuliahan, penukis menjadi asisten mata kuliah Praktikum Kimia Dasar Umum dan Praktikum Kimia Anorganik II pada tahun ajaran 2016/2017. Pada bulan Januari 2016, penulis mengikuti program Kuliah Kerja Nyata yang di tempatkan di Purwakarta selama sebulan. Disana penulis memberi penyuluhan, menyelenggarakan perlombaan olahraga, mengajarkan anak-anak di daerah sekitar serta mengajar di Sekolah. Pada tahun 2017, penulis mengikuti Kuliah Kerja Lapangan, dimana penulis melakukan kunjungan industri ke PT. Semen Indonesia, PT. Sari Roti dan ke Badan Perikanan di Purwakarta.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap orang yang membaca dan mendapat informasi dari hasil penelitian ini. Skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis berikan bagi seluruh civitas akademika UNJ.

Jika ada yang ingin memberikan sara, masukan atau bertanya kepada penulis, bisa dihubungi di [cynthiaarsyani@gmail.com](mailto:cynthiaarsyani@gmail.com) atau di 087888671797.