



TUGAS AKHIR - SF 141501

**ANALISIS DEKOMPOSISI PLASTIK
BIODEGRADABLE DENGAN BAHAN DASAR LIMBAH
TONGKOL JAGUNG**

**AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
NRP 01111240000089**

Dosen Pembimbing
Dr. Mashuri, M.Si.

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



TUGAS AKHIR - SF 141501

**ANALISIS DEKOMPOSISI PLASTIK
BIODEGRADABLE DENGAN BAHAN DASAR
LIMBAH TONGKOL JAGUNG**

**AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
NRP 01111240000089**

Dosen Pembimbing
Dr. Mashuri, M.Si.

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

”Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - SF 141501

**ANALYSIS OF BIODEGRADABLE PLASTIC
DECOMPOSITION WITH BASIC MATERIAL
WASTE OF MAIZE**

**AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
NRP 01111240000089**

Advisor

Dr. Mashuri, M.Si.

Department of Physics

Faculty of Natural Sciences

Institute of Technology Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DEKOMPOSISI PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN BAHAN DASAR LIMBAH TONGKOL JAGUNG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Material
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
01111240000089**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Mashuri, M.Si. (.....)

Surabaya, 25 Juni 2018

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS DEKOMPOSISI PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN BAHAN DASAR LIMBAH TONGKOL JAGUNG

Nama : AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
NRP : 01111240000089
Departemen : Fisika FIA-ITS
Pembimbing : Dr. Mashuri, M.Si.

Abstrak

Limbah tongkol jagung yang melimpah di Indonesia mengandung 40% selulosa dan sangat sering digunakan untuk bahan dasar plastik *biodegradable* dengan keunggulan plastik ini mampu terdegradasi dengan cepat di bandingkan plastik konvensional. Pengujian Degradasi plastik *biodegradable* dilakukan dengan cara mengubur dalam tanah kompos sehingga mikroba dan kandungan dalam tanah kompos mampu mengurainya. Variasi waktu degradasi yang digunakan adalah 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari dan menghasilkan massa yang terdegradasi dari sampel adalah 18,4584%, 32,7977%, 53,7917%, 59,5215%, 68,7382%. Setelah itu dilakukan pengujian FTIR dan DMA dengan tujuan melihat pengaruh Degradasi terhadap gugus fungsi selulosa dan sifat mekanik (modulus elastisitas) pada sampel plastik *biodegradable*. Gugus fungsi dari plastik *biodegradable* yang tanpa diberikan perlakuan degradasi dan mendapatkan perlakuan variasi degradasi memiliki rentang bilangan gelombang yang sama pada puncak spektra masing-masing sampel, perbedaan hanya pada C-O *stretching* yang masih terdapat pada plastik *biodegradable* yang belum diberikan perlakuan degradasi yang menandakan ada gliserol aktif didalamnya. Pada pengujian DMA, nilai modulus simpan pada

sampel variasi degradasi 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari berturut-turut adalah 80,3981 MPa, 42,0330 MPa, 40,2482 MPa, 20,5823 MPa dan 15,2126 MPa.

Kata kunci: *biodegradable, degradasi, modulus elastisitas*

ANALYSIS OF BIODEGRADABLE PLASTIC DECOMPOSITION WITH BASIC MATERIAL WASTE OF MAIZE

Name : AMRUL CHOIRWATHON ASOFA
Student Identity Number : 01111240000089
Department : Fisika FIA-ITS
Advisor : Dr. Mashuri, M.Si.

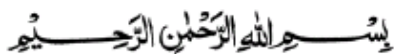
Abstract

Corny corncoobs waste in Indonesia contains 40% cellulose and very often used for biodegridable plastic base material with the advantage of this plastic is able to degrade quickly compared to conventional plastics. Testing Biodegridable plastic degradation is done by burying it in compost so that the microbes and the content in the compost soil are able to disintegrate it. The degradation time variations used were 1 day, 3 days, 5 days, 7 days and 9 days and resulted in degraded mass from sampel being 18.4584%, 32.7977%, 53.7917%, 59.5215%, 68, 7382%. After that, FTIR and DMA testing were performed to see the effect of Degradation on cellulose functional group and mechanical properties (elasticity modulus) on biodegridable plastic seal. The functional groups of biodegredeable plastics without treatment of degradation and treatment of variation of degradation have the same range of wave numbers at the peak of the spectra of each sample, the only difference in stretching CO is still present in biodegredeable plastics which have not been given degradation treatment indicating active glycerol inside it. In the DMA test, the stored modulus values in the samples of degradation variations 1 day, 3 days, 5 days, 7 days and 9 consecutive days were 80,3981 MPa, 42,0330 MPa, 40,2482 MPa, 20,5823 MPa and 15 , 2126 MPa.

Key words: *biodegridable, degradation, modulus of elasticity*

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya , petunjuk-Nya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISA DEKOMPOSISI PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN BAHAN DASAR LIMBAH TONGKOL JAGUNG**” dengan optimal dan tepat waktu. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Keluarga tercinta, Bapak, Mamak, Papa, Mama, terkhusus calon istri tercinta Alfa Dinar Callista yang telah memberikan semangat, nasehat, kasih sayang, dan do'a restunya bagi penulis.
2. Bapak Mashuri selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng selaku Ketua Departemen Fisika FIA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Saudara Dewa, Fabet dan Dhea yang telah membantu sistesis di lab. Hingga larut malam.
5. Tim DMA (Mbak Aini, Aqor dan Allif) untuk segala bantuan untuk karakterisasi sampel

6. Tim Bangsawan (Adib, Nizar, Udin, Menyan dan Abdi Zen) yang telah membantu selama penulis dan juga semangatnya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Fisika 2012 (MESON) yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Material. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 25 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik	5
2.2 Plastik <i>Biodegradable</i>	6
2.3 Tongkol Jagung	7
2.4 Pati.....	9
2.5 Selulosa.....	11
2.6 <i>Plasticizer</i>	13
2.6.1 Gliserol Sebagai Plasticizer	13

2.7 <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	15
2.8 <i>Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)</i>	16
2.9 Transisi Polimer	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Alat dan Bahan	19
3.2 Prosedur Penelitian.....	19
3.2.1 <i>Milling</i> Tongkol Jagung	19
3.2.2 Ekstraksi Selulosa	20
3.2.2.1 Pre-Delignifikasi.....	20
3.2.2.2 Delignifikasi	20
3.2.3 Pembuatan Film Plastik Biodegradable.....	20
3.3 Metode Karakterisasi.....	22
3.3.1 <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	22
3.3.2 <i>Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)</i>	22
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.4.1 <i>Milling</i> Tongkol Jagung	23
3.4.2 Ekstraksi Selulosa	24
3.4.2.1 Pre-Delignifikasi	24
3.4.2.1 Delignifikasi	25
3.5 Pembuatan Film Plastik <i>Biodegradable</i>	26
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Sintesis Film Plastik <i>Biodegradable</i>	27
4.2 Hasil FTIR.....	31
4.3 Uji DMA	35
BAB V KESIMPULAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	49
BIOGRAFI PENULIS	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Tongkol Jagung	7
Tabel 2.2 Rasio Amilosa Dan Amilopektin Di Dalam Berbagai Macam Pati.....	8
Tabel 4.1 Perbandingan Komposisi Pati Dengan Selulosa	28
Tabel 4.2 Perbandingan puncak spektra Hasil FTIR	32
Tabel 4.3 Nilai Modulus Simpan Sampel Plastik Biodegradable	36
Tabel 4.4 Nilai Tm Plastik biodegradable	37

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) struktur kimia amilase dan (b) struktur kimia amilopektin.....	9
Gambar 2.2 struktur kimia selulosa	11
Gambar 2.3 struktur kimia gliserol	13
Gambar 2.4 kurva modulus terhadap temperatur.....	16
Gambar 3.1 serbuk tongkol jagung hasil <i>milling</i>	18
Gambar 3.2 Diagram alir milling tongkol jagung.....	21
Gambar 3.3 Diagram alir pre-delignifikasi	22
Gambar 3.4 Diagram alir delignifikasi	23
Gambar 3.5 Diagram alir pembuatan film plastik <i>biodegradable</i> ..	24
Gambar 4.1 Proses pre-delignifikasi serbuk tongkol jagung..	25
Gambar 4.2 (1) proses delignifikasi dengan direndam ke NaOH. (2) proses delignifikasi dengan direndam ke HCL	26
Gambar 4.3 Serbuk alpha selulosa.....	27
Gambar 4.4 Proses pengeringan film plastik <i>biodegradable</i>	28
Gambar 4.5 Grafik hasil karakterisasi pengujian FTIR sampel plastik <i>biodegradable</i> dan plastik pembanding	31
Gambar 4.6 Sampel yang diuji, dari kiri film plastik TS, S5, S30, S50 dan PE	36

Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji mekanik DMA.....35

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	50
------------------	----

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan plastik sudah tidak diragukan lagi, dari masyarakat kalangan bawah sampai masyarakat kalangan atas menggunakan plastik dalam kehidupan sehari-hari. Plastik adalah polimer sintetis yang tersusun atas monomer-monomer yang saling terikat atau berhubungan satu dengan yang lainnya. Jika monomernya sejenis disebut dengan homopolimer, jika berbeda disebut dengan kopolimer. Plastik dapat di gunakan sebagai peralatan dalam kehidupan sehari-hari yang bersifat relatif kuat, ringan, dan mempunyai harga yang murah. Dalam bidang pertanian, plastik pun tidak ketinggalan mengambil peran seperti untuk mulse, green house dan polybag sehingga terjadi peningkatan produksi pertanian. Dalam kehidupan sehari-hari penggunaan plastik sebagai *packaging* seperti botol, lunch box, kantong plastik dan berbagai jenis kemasan lainnya. Plastik merupakan bahan yang relatif nondegradable sehingga pemanfaatan plastik harus diperhatikan mengingat besarnya limbah yang dihasilkannya. Plastik merupakan material baru yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 (Kyrikou, 2007).

Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetis dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Dari data terakhir yang dimuat dalam jurnal *science*, Indonesia merupakan negara penyumbang pembuangan sampah plastik di laut terbesar kedua setelah Tiongkok. Plastik konvensional merupakan polimer yang memiliki ukuran molekul yang sangat besar dan bersifat *inert* (tidak mudah bereaksi), berat molekulnya ratusan ribu hingga jutaan, terdegradasi dalam waktu

ratusan tahun, bahkan ribuan tahun (Sanjaya dan Puspita, 2010). Salah satu solusi dari penanggulangan sampah plastik adalah dengan menggantikan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme, dapat terurai 10 sampai 20 kali lebih cepat dibanding plastik konvensional (Huda & Feris, 2007). Berdasarkan standar European Union tentang biodegradasi plastik, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Sarka, dkk., 2011). Solusi yang sering di tawarkan adalah penggunaan plastik biodegradable sebagai pengganti plastik konvensional. Plastik biodegradable adalah dapat diperoleh dengan cara pencampuran pati dengan selulosa, gelatin dan jenis biopolimer lainnya yang dapat memperbaiki kekurangan dari sifat plastik berbahan pati (Ban, 2006 dalam Ummah Al Nathiqoh). Plastik biodegradable yang sering di produksi yaitu dengan bahan utama Bonggol jagung sebagai sumber selulosa. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) produktivitas jagung ditahun 2011 mencapai 17,92 juta ton sedangkan di tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton. Buah jagung terdiri dari 30% limbah yang berupa bonggol jagung (Irawadi, 1990 dalam Subekti, 2006). Plastik biodegradable juga merupakan plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik melalui serangan mikroorganisme maupun oleh cuaca (kelembapan dan radiasi sinar matahari) sehingga degradasi Plastik biodegradable lebih cepat dan lebih ramah lingkungan di bandingkan plastik konvensional.

Dari data tersebut dilaksanakan penelitian tentang kecepatan degradasi atau dekomposisi plastik *biodegradable* sehingga menjadi acuan tentang pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan pembuat plastik *biodegradable*.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini mengkaji *analisa dekomposisi plastik biodegradable dengan bahan dasar limbah tongkol jagung* menggunakan media tanah kompos terkarakterisasi sehingga dapat dianalisa menggunakan FTIR dan DMA . Terdapat beberapa permasalahan yang diangkat pada penelitian ini yaitu pengaruh waktu degradasi terhadap sampel film plastik *biodegradable*, pengaruh degradasi terhadap gugus fungsi selulosa dalam sampel, pengaruh degradasi terhadap modulus elastisitas atau sifat mekanik sampel yang dihasilkan dari pengujian DMA.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu degradasi terhadap massa sampel yang terdegradasi.
2. Mengetahui pengaruh degradasi terhadap gugus fungsi selulosa menggunakan uji FTIR
3. Mengetahui pengaruh degradasi terhadap modulus elastisitas atau sifat mekanik sampel yang dihasilkan dari pengujian DMA

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bahan dasar yang digunakan ialah pati tapioka, serbuk selulosa dan *Plasticizer* dengan perbandingan komposisi 10 : 1 : 1,3
2. Jenis *Plasticizer* yang digunakan ialah gliserol.dan alpha selulosa berasal dari tongkol jagung
3. Media degradasi berupa tanah kompos dengan kandungan nitrogen 1,97%, karbon organik 19,6%, bahan organik 33,22 dan pH 6,8

4. Ukuran sampel degradasi $2 \times 1 \text{ cm}^2$ dan tanah kompos yang digunakan memiliki dimensi diameter 5,5 cm dan tinggi 13 cm dengan massa per perlakuan 156 gram.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mengenai manfaat tanah kompos sebagai media degradasi plastik *biodegradable*
2. Memberikan pemahaman tentang bagaimana pengaruh degradasi terhadap keberadaan gugus fungsi selulosa dan sifat mekanik (modulus elastisitas) plastik *biodegradable*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab I – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. Bab II – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai teori yang mendukung analisis.
3. Bab III – Metodologi Penelitian, uraian mengenai mengenai metode-metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian
4. Bab IV – Analisa Data dan Pembahasan, berisi tentang data-data yang dihasilkan dan pembahasan yang sesuai dengan permasalahan yang mengacu pada penelitian.
5. Bab V – Kesimpulan dan Saran, berisi tentang kesimpulan yang menjawab dari semua rumusan masalah yang ditetapkan dalam penelitian dan saran yang sebaiknya dilakukan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Umumnya, plastik didefinisikan sebagai material polimer yang dapat dicetak atau diekstraksi menjadi bentuk yang diinginkan, yang kemudian mengeras setelah didinginkan atau diuapkan pelarutnya (Oxtoby, 2003). Istilah plastik didasarkan pada sifat dan bahan yang berada dalam keadaan plastik atau kenyal. Plastik merupakan polimer dengan struktur dan sifat rumit yang disebabkan adanya jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar daripada senyawa dengan berat atom lebih rendah. Pada umumnya, suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut dengan ikatan kovalen. Gaya tarik menarik antar atom dalam polimer adalah berupa ikatan hidrogen dan gaya Van der Waals yang terkadang juga terdapat ikatan ion, ikatan koordinasi dan ikatan hidrofobik (Stevens, 2001).

Saat ini plastik banyak digunakan dalam produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik yang terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Berdasarkan kemampuan adaptasi, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan, memungkinkan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.

Secara umum plastik dibedakan menjadi dua macam, yaitu plastik yang bersifat termoplastik dan plastik yang bersifat termoset. Plastik yang bersifat termoplastik adalah plastik yang dapat di-*recycling*, sedangkan plastik yang bersifat termoset adalah plastik yang tidak dapat dibentuk lagi setelah mengalami pemanasan dan pendinginan.

2.2 Plastik *Biodegradable*

Sebagai salah satu upaya penyelamatan lingkungan, saat ini telah dikembangkan plastik *biodegradable* dimana plastik ini dapat diuraikan kembali secara alami oleh mikroorganisme menjadi senyawa ramah lingkungan. Berbeda dengan plastik konvensional yang berbahan dasar petroleum, gas alam atau batubara, plastik *biodegradable* ini terbuat dari material yang dapat diperbarui, antara lain senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman (misalnya selulosa, kolagen, kasein, protein) atau senyawa yang terdapat dalam hewan (misalnya lipid) (Martaningtyas, 2004).

Plastik *biodegradable* merupakan film kemasan yang terbuat dari bahan yang dapat diperbarui, yang dapat diaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Plastik jenis ini mampu menggantikan plastik sintesis yang umumnya bersifat tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme di alam. Substitusi plastik sintesis yang *nondegradable* oleh plastik *biodegradable* telah menjadi salah satu jawaban atas masalah tersebut. Dalam kondisi dan waktu tertentu, plastik *biodegradable* akan mengalami perubahan struktur kimia akibat adanya pengaruh mikroorganisme seperti bakteri, alga, jamur yang biasanya disebabkan oleh serangan kimia atas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut sehingga menyebabkan pemutusan rantai polimer. Plastik *biodegradable* dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun setelah habis terpakai akan hancur akibat aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida yang dibuang ke lingkungan, sehingga plastik ini disebut sebagai plastik ramah lingkungan.

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *biodegradable* dikelompokkan menjadi dua, yaitu plastik berbahan baku kimia dan plastik berbahan baku produk tanaman

seperti pati dan selulosa. Plastik berbahan baku kimia adalah plastik yang dibuat menggunakan bahan baku dari sumberdaya alam yang tidak dapat diperbarui seperti *polyglycolic acid* (PGA), *polyvinyl alcohol* (PVOH), *polylactic acid* (PLA) dan *polycaprolactone*. Sedangkan plastik berbahan baku produk tanaman adalah plastik yang dibuat menggunakan bahan baku dari sumberdaya alam yang dapat diperbarui seperti pati, selulosa protein dan kitin/kitosan (Flieger, 2002).

Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari polimer alam ataupun dari campuran polimer alam dan sintesis. Polimer alam mempunyai sifat fisik kurang baik, sedangkan polimer sintesis mempunyai sifat fisik unggul seperti lebih tahan air dan kuat tariknya yang cukup tinggi. Untuk mendapatkan material dengan sifat fisik baik dan ramah lingkungan, maka penggabungan antara polimer alam dan sintesis sangat baik dilakukan (Damayanthi, 2003).

2.3 Tongkol Jagung

Jagung merupakan komoditas utama pertanian di Indonesia. Produksi jagung Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Badan Pusat Statistik (BPS), merilis data bahwa produktivitas jagung Indonesia pada tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton, dan pada tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton, artinya dalam rentang waktu dua tahun produksi jagung di Indonesia meningkat 3,3% dari tahun sebelumnya. Produk jagung yang dijual dipasaran menyisakan limbah tongkol jagung yang pemanfaatannya masih sangat kurang, sebagian untuk pakan ternak, sebagian dibakar, dan dibuang. Produksi jagung sendiri terdiri dari 40-50% limbah yang berupa tongkol jagung (Richana, 2007). Kandungan tongkol jagung disajikan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 2.1 Kandungan tongkol jagung (Shofianto,2008)

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

Tongkol Jagung merupakan limbah berlignoselulosa, yang memiliki komponen lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang dominan. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama yaitu lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Menurut Richana (2007) tongkol jagung merupakan bahan berlignoselulosa (kadar serat 38,99%), sedangkan menurut Shofianto (2008) kandungan selulosa tongkol jagung adalah yang terbesar yaitu 41%. Sehingga besarnya kandungan lignoselulosa terutama selulosa dalam tongkol jagung, menyebabkan tongkol jagung berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*.

Selain selulosa, kandungan lignin dan hemiselulosa jumlahnya cukup tinggi dalam tongkol jagung. Lignin memiliki sifat sebagai pengikat selulosa dan hemiselulosa. Oleh karena itu didalam proses ekstraksi selulosa, bagian terpenting adalah pengurangan atau penghilangan lignin yang disebut proses delignifikasi. Apabila lignin sebagai pengikat hilang, maka komponen lainnya yaitu hemiselulosa dan selulosa menjadi terlepas. Hemiselulosa akan larut dengan penambahan NaOH, karena pada dasarnya hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali (Hermiati, 2010). Proses

delignifikasi dipengaruhi oleh kondisi pemasakan meliputi : konsentrasi larutan, suhu, tekanan, dan waktu proses (Mujiarto, 2007).

2.4 Pati

Pati adalah karbohidrat yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Rasio antara amilosa dan amilopektin didalam kandungan pati pada tumbuhan sangat bervariasi dan berpengaruh terhadap kelarutan, kekentalan, pembentukan gel, dan suhu gelatinasi dari suatu pati.

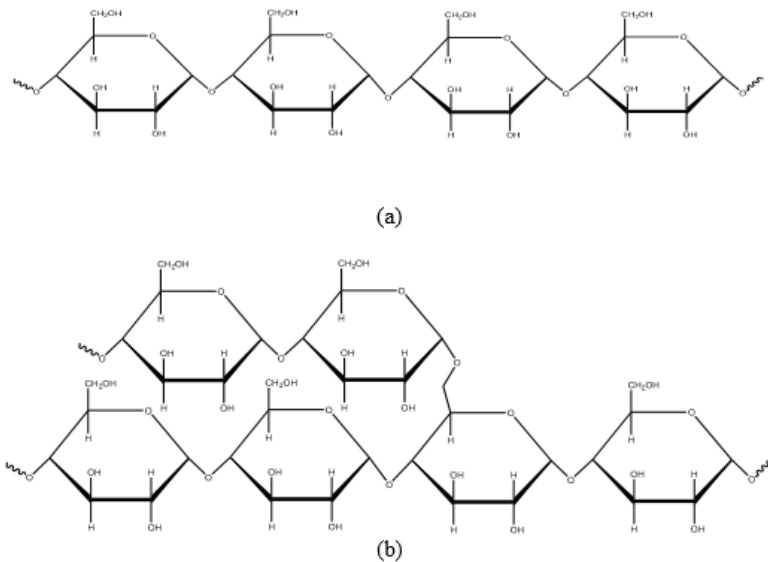
Amilosa merupakan bagian polimer linier dengan ikatan α -(1 $\rightarrow$ 4) unit glukosa. Derajat polimerisasi amilosa berkisar antara 500–6.000 unit glukosa, bergantung pada sumber materialnya. Amilopektin merupakan polimer α -(1 $\rightarrow$ 4) unit glukosa dengan rantai samping α -(1 $\rightarrow$ 6) unit glukosa. Dalam suatu molekul pati, ikatan α -(1 $\rightarrow$ 6) unit glukosa ini jumlahnya sangat sedikit, berkisar antara 4–5%. Namun, jumlah molekul dengan rantai yang bercabang, yaitu amilopektin, sangat banyak dengan derajat polimerisasi 105 – 3×10^6 unit glukosa (Jacobs dan Delcours 1998).

Tabel 2.2 rasio amilosa dan amilopektin di dalam berbagai macam pati.

Sumber pati	Amilase(%)	Amilopektin(%)
Jagung	26,5 $\pm$ 0,7	72,7 $\pm$ 1,8
Beras	21,2 $\pm$ 0,9	79,1 $\pm$ 1,6
Gandum	28,8 $\pm$ 1,4	71,6 $\pm$ 1,2
Tapioka	19,7 $\pm$ 1,1	81,1 $\pm$ 1,9

Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa. Perbedaan sifat berbagai pati dihasilkan dari perbedaan proporsi amilosa (rantai pati linier) dan amilopektin (rantai panjang bercabang). Sifat pati

tidak larut dalam air namun bila suspensi pati dipanaskan akan terjadi gelatinasi setelah mencapai suhu tertentu. Hal ini disebabkan oleh pemanasan energi kinetik molekul-molekul air yang menjadi lebih kuat daripada daya tarik menarik antara molekul pati dalam granula, sehingga air dapat masuk kedalam pati tersebut dan pati akan membengkak. Granula pati dapat membengkak luar biasa dan pecah sehingga tidak dapat kembali pada kondisi semula. Perubahan sifat inilah yang disebut gelatinasi. Suhu pada saat butir pati pecah disebut suhu gelatinasi (Winarno, 1988)



Gambar 2.1 (a) struktur kimia amilase dan (b) struktur kimia amilopektin

Terjadinya peningkatan viskositas selama gelatinasi disebabkan oleh yang sebelumnya berada di luar granula dan bebas bergerak sebelum suspensi dipanaskan, kini sebagian sudah

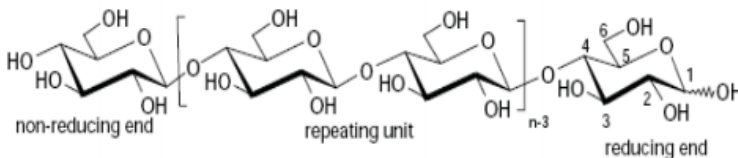
berada dalam butir-butir pati dan tidak dapat bergerak bebas lagi karena terikat gugus hidroksil dalam molekul pati. Apabila suhu dinaikkan, maka viskositas pasta/gel berkurang.

Penelitian tentang pati sebagai bahan baku plastik telah dilakukan mulai dari penggunaan pati alami, pati termodifikasi, dan pati termoplastis untuk ditambahkan baik pada *biodegradable plastic* dan *non-biodegradable plastic*. Pemilihan proses atas pati didasarkan pada produk akhir yang ingin dicapai. Selain itu penambahan pati dalam pembuatan plastik juga ditujukan untuk meminimisasi biaya produksi (Fabunmi et al. 2007). Potensi penggunaan pati sebagai bioplastik berkisar 85-90% dari pasar bioplastik yang ada, termasuk polimer asam laktat yang diproduksi melalui fermentasi pati. Diantara bioplastik tersebut menggunakan pati alami dan modifikasinya dalam bentuk campuran polimer sintetik. *Starch-based plastic* merupakan penggunaan pati dalam memproduksi bioplastik dengan keuntungan yaitu harga murah, jumlah berlimpah dan dapat diperbaharui (Vilpoux dan Averous, 2006).

2.5 Selulosa

Selulosa merupakan *biopolymer* yang dapat diperoleh dari hasil pertanian. Polimer hasil pertanian mempunyai sifat termoplastik sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak menjadi film kemasan. Keunggulan polimer jenis ini adalah tersedia sepanjang tahun (*renewable*) dan mudah hancur secara alami (*biodegradable*). Berdasarkan hal tersebut, polimer jenis ini dapat digunakan sebagai bahan bioplastik yaitu plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, selulosa memiliki potensi sebagai bahan bioplastik.

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier. Selulosa tidak mudah larut karena strukturnya yang linier dan bersifat semikristalin. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapple *et.al*, 2003). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Lehninger, 1993).



Gambar 2.2 struktur kimia selulosa

Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Molekul selulosa merupakan mikrofibril dari glukosa yang terikat satu dengan lainnya membentuk rantai polimer yang sangat panjang. Adanya lignin serta hemiselulosa di sekeliling selulosa merupakan hambatan utama untuk menghidrolisis selulosa (Zugenmaier, 2008).

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa NaOH 17,5%, selulosa dapat dibedakan menjadi 3 yaitu

: Selulosa Alpha adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500. Selulosa Betha adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan. Selulosa Gamma, sama dengan selulosa Betha, namun Dpnya kurang dari 15 (Klemm, 1998).

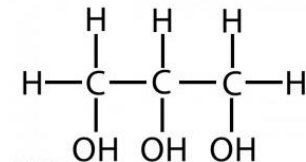
2.6 Plasticizer

Plasticizer didefinisikan sebagai bahan *non volatile*, bertitik didih tinggi yang jika ditambahkan pada material lain dapat merubah sifat fisik dari material tersebut. Penambahan *plastikizer* dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat *barrier* suatu film. *Plasticizer* merupakan bahan organik dengan massa molekul rendah yang ditambahkan ke dalam polimer yang bertujuan untuk mengurangi kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer tersebut. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut (Mujiarto, 2005).

2.6.1 Gliserol sebagai *plasticizer*

Gliserol adalah alkohol terhidrik. Nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3-propanetriol atau $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya *liquid* sirup, meleleh pada suhu $17,8^\circ\text{C}$, mendidih pada suhu 290°C dan larut dalam air dan etanol. Sifat gliserol higroskopis, seperti menyerap air dari udara, sifat ini yang membuat gliserol digunakan pelembab pada kosmetik. Gliserol terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan

minyak. Gliserol termasuk jenis plasticizer yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air (Huda dan Feris, 2007). Fungsi dari gliserol adalah menyerap air, agen pembentuk kristal dan *plasticizer*. *Plasticizer* merupakan substansi dengan massa molekul rendah dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan kemampuan pembentukan film (Bergo dan Sobral, 2007). *Plastikizer* misalnya gliserol sering digunakan untuk memodifikasi sifat fungsional dan fisik film (Gaudin, et al., 1999). Reed, et al., (1998) menyatakan bahwa penggunaan gliserol dalam jumlah yang tepat memberikan efek tekstural, karena substansi tersebut secara potensial dapat melenturkan matriks protein.



Gambar 2.3 struktur kimia gliserol

Gliserol adalah *plasticizer* terbaik untuk polimer yang dapat larut dalam air di antara beberapa penelitian yang telah dilakukan, didasarkan gliserol banyak digunakan sebagai *plasticizer*. Gliserol adalah *plastikizer* dengan titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, non volatile dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan massa molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein.

Sifat - sifat tersebut yang menyebabkan gliserol cocok digunakan sebagai *plasticizer*.

Gliserol lebih cocok digunakan sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair. Bentuk cair gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan film dan terlarut dalam air. Sorbitol sulit bercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang, hal tersebut tidak disukai konsumen (Cui, 2005).

2.7 Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

Spektroskopi infra merah dapat digunakan untuk penentuan struktur, khususnya senyawa-senyawa organik dan polimer (Stuart, 2004). Walaupun spektrum infra merah suatu molekul poli atom sangat rumit untuk dianalisis, namun gugus fungsional suatu molekul tampak pada daerah spesifik (Hendayana dkk, 1994). Radiasi infrared ditemukan pada tahun 1800 oleh Sir Willian Herschel. Identifikasi material menggunakan absorpsi infrared dimulai pada tahun 1900. Aplikasi pertama dari metode analisis menggunakan radiasi infrared digunakan untuk mempelajari polimer.

Infrared Spectroscopy (IR) merupakan metode yang dapat digunakan dalam penyelidikan struktur polimer dan analisis gugus fungsi (Sandler, 1998 dalam Rahayu, 2009). *Infrared Spectroscopy* (IR) adalah suatu metode analisis untuk mengidentifikasi senyawa kimia. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa gugus fungsional kimia yang berbeda akan mengabsorb sinar infra merah pada panjang gelombang yang berbeda bergantung pada gugus fungsional kimia yang dimiliki. IR dapat digunakan untuk menganalisis padatan (serbuk), film atau blok, cairan baik murni maupun campuran dan gas. Terdapat tiga macam daerah IR yaitu daerah IR dekat antara $14.000\text{--}4.000\text{ cm}^{-1}$,

daerah IR menengah antara $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ dan daerah IR jauh antara $400\text{--}10\text{ cm}^{-1}$.

Transformasi Fourier adalah suatu konversi matematika yang memungkinkan pemisahan seluruh spektrum sinar infra merah secara bersamaan, kemudian mengubah hasil scanning secara matematika menjadi sebuah panjang gelombang lawan spektra absorbansi. Kombinasi dua fungsi ini menjadikan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) sebagai suatu alat yang dapat digunakan dalam identifikasi dan karakterisasi senyawa organik. Sebagai metode analisis yang relatif sederhana, FTIR digunakan secara luas dalam analisis yang mencakup berbagai material yang berbeda. FTIR sering digunakan pada industri pengemasan untuk menganalisis kemurnian material monomerik, identifikasi polimer (polietena, poliester, nilon dan sebagainya) dan komposisinya (Razumovskiy, 1996 dalam Rahayu, 2009).

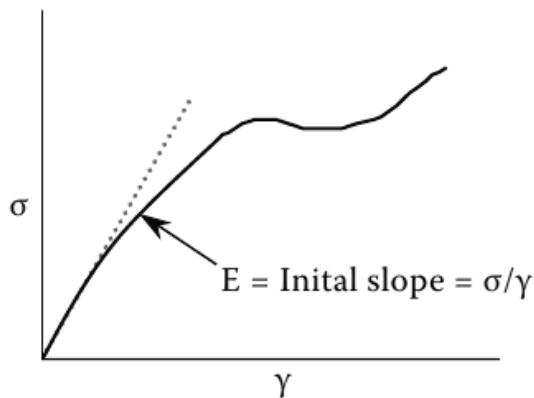
Spektroskopi infra merah sangat bermanfaat untuk meneliti *blend* polimer. Pada *blend* yang tidak dapat bercampur, menunjukkan suatu spektrum infra merah yang merupakan superposisi dari spektrum homopolimer. Sedangkan spektrum pada *blend* yang dapat bercampur, menunjukkan superposisi dari tiga komponen, yaitu dua spektrum homopolimer dan satu spektrum interaksi yang timbul dari interaksi kimia atau fisika antara homopolimer-homopolimer (Stuart, 2004).

2.8 Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)

Instrumen *Dynamic Mechanical Analysis* (DMA) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur sifat viskoelastis (kombinasi antara *elastic solid* dan *Newtonian fluid*) bahan polimer (Keskin, dkk. 2014). Gaya sinusoidal (*stress*) yang diaplikasikan pada sampel akan menghasilkan *strain* (*sampel*

displacement) dengan temperatur dan frekuensi yang dapat divariasi.

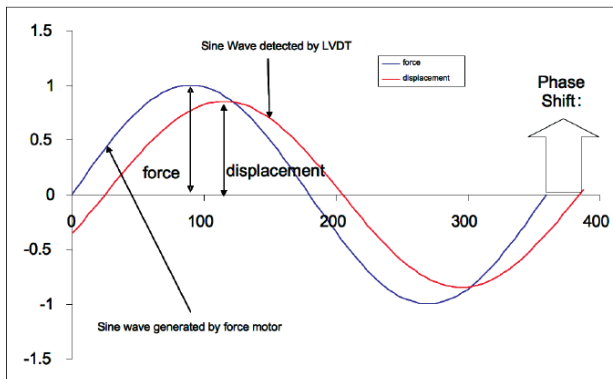
Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) juga dapat menguji polimer yang berfungsi mengukur viskoelastik suatu sampel yang diukur sebagai fungsi frekuensi, waktu, suhu, tegangan, regangan dan lingkungan. Penggunaan DMA khususnya pengukuran *stress sinusoidal* dan *strain* dalam suatu material, memudahkan dalam pengukuran modulus yang kompleks. Variasi pada modulus kompleks dapat terjadi akibat perubahan suhu ataupun frekuensi. Keadaan tersebut sangat berguna dalam penentuan *transition glass* (T_g) dari suatu materi.



Gambar 2.4 Rasio tegangan terhadap regangan adalah modulus, yang merupakan pengukuran kekakuan material. Modulus Young, kemiringan bagian linier awal dari tegangan-regangan kurva (ditampilkan di sini sebagai garis putus-putus). (Menard 1999)

Pada instrument DMA, karakterisasi suatu material dapat mencakup fungsi yang sangat luas. Antara lain, dapat melakukan pengukuran statis *viscoelasticity*, *stress relaxation*, dan *dynamic viscoelasticity*. Relaksasi dari suatu material dapat ditentukan

menggunakan DMA. Hal ini dikarenakan DMA mempunyai sensitivitas yang tinggi dan adanya *synthetic oscillation* mode dalam DMA sangat memudahkan untuk mengukur modulus transformasi secara cepat yang dilakukan dalam variasi frekuensi (Hilmy, 2016). Pengukuran sifat mekanik materi menggunakan DMA mengikuti Hukum Hooke dimana materi diibaratkan sebuah pegas. Dalam Hukum Hooke, *elastic* atau *Young Modulus* (E) diperoleh pada sampel yang lunak dengan teknik bending atau tension.



Gambar 2.5 Hubungan dari tegangan sinusoidal yang diterapkan terhadap regangan dihasilkan, dengan *phase lag* yang dihasilkan dan deformasi. (Menard, 2008)

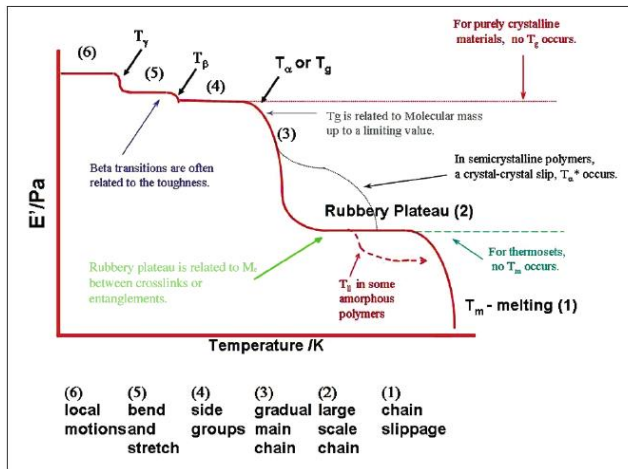
Salah satu keunggulan DMA adalah dapat memperoleh nilai modulus suatu material setiap kali gelombang sinus diterapkan. Maka apabila eksperimen DMA dijalankan pada frekuensi 1 hertz (Hz) atau 1 cycle / detik, DMA dapat merekam nilai modulus setiap detik. Hal ini dapat dilakukan saat suhu bervariasi pada tingkat tertentu seperti $5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$ / menit

sehingga perubahan suhu per siklus tidak signifikan. Lalu diperoleh nilai modulus sebagai fungsi temperature.

Pengukuran dengan DMA mode geser menghasilkan informasi seputar modulus elastisitas material uji. Modulus elastisitas yang direkam merupakan modulus kompleks, karena gaya sinusoidal yang diberikan menghasilkan respon yang juga sinusoidal tetapi mengalami ketertinggalan fasa (*phase lag*). Ada dua komponen modulus kompleks, yaitu modulus simpan (*storage modulus*, bagian riil) dan modulus hilang (*loss modulus*, bagian kompleks).

$$E^* = E' + iE'' \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Modulus simpan (*storage modulus*, E') ekivalen dengan modulus elastisitas yang menggambarkan kekakuan (*stiffness*) material. Besaran ini juga merupakan ukuran jumlah energi yang dikembalikan ke sistem secara elastis setelah pemberian regangan.



Gambar 2 6 Grafik Hubungan Modulus Simpan terhadap Temperatur. (Menard 2008)

Modulus hilang (*loss modulus*, E'') adalah indikator energi yang terserap matriks yang tidak dikembalikan secara elastik. Sebagai gantinya, energi ini digunakan untuk meningkatkan vibrasi molekuler atau memindah/menggeser (*translate*) posisi rantai polimer.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam pembuatan sampel pada penelitian ini adalah saringan untuk memisahkan filtrat dengan endapan, neraca digital sebagai timbangan bahan, spatula, gelas ukur, dan gelas beker sebagai tempat ukur dan tempat pencampuran bahan, serta *stirrer*. Sedangkan untuk bahan yang digunakan untuk ekstraksi tongkol jagung pada proses prehidrolisis, *delignifikasi* adalah serbuk tongkol jagung sebagai bahan utama, NaOH, NaOCl, HCL, digunakan pada proses prehidrolisis dan *delignifikasi* dan aquades. Kemudian bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan film plastik *biodegradable* adalah pati dan gliserin. Untuk proses degradasi dibutuhkan gelas tabung dan tanah kompos yang telah terkarakterisasi. Untuk karakterisasi sampel digunakan uji FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) untuk mengetahui gugus fungsi dan kandungan kimia yang terdapat pada film plastik biodegradable. Dan juga dilakukan uji DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*) untuk mengamati sifat mekanik film plastik *biodegradable* yang dilakukan dengan teknik sapuan suhu.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 *Milling* Tongkol Jagung

Untuk mendapatkan serbuk tongkol jagung maka dilakukan proses *milling* pada tongkol jagung. Hal ini dilakukan karena reaksi tercepat dalam proses hidrolisis terjadi pada ukuran bahan yang kecil. Semakin kecil ukuran bahan, semakin cepat pula reaksinya. Pernyataan ini selaras dengan teori tumbukan, karena materi semakin kecil maka semakin banyak tumbukan, dan semakin banyak tumbukan maka semakin cepat laju reaksinya.

3.2.2 Ekstraksi Selulosa

3.2.2.1 Pre-Delignifikasi

Serbuk tongkol jagung hasil penggilingan dengan *disk mill* mengandung bahan-bahan ekstraktif. kandungan ekstra tersebut merupakan pengotor dengan karakteristik mudah larut dalam air. Dan tujuan dari pada proses predelignifikasi ini merupakan memisahkan kandungan ekstraktif dengan komposisi utama dari serbuk tongkol jagung. Serbuk tongkol jagung yang didapat dicampurkan dengan aquades dengan perbandingan 1:20, kemudian dipanaskan suhu 100°C selama 3 jam. Setelah itu larutan disaring untuk mendapatkan padatan dan dioven hingga kering.

3.2.2.2 Delignifikasi

Tiga komposisi utama dari tongkol jagung yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Hermiati, 2010). Kandungan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah selulosa dari tongkol jagung. Untuk memisahkan selulosa dari hemiselulosa dan lignin, dilakukan proses delignifikasi. Dua komponen tersebut dilarutkan dan endapan selulosanya diambil. Serbuk tongkol jagung hasil pre-hidrolisis dilarutkan dalam NaOH 25%. NaOH dapat menurunkan kadar lignin, sehingga apabila lignin sebagai pengikat hilang maka dua komponen lainnya hemiselulosa dan selulosa menjadi terlepas, dengan adanya NaOH maka hemiselulosa akan larut (Laurentius, 2013). Kemudian dipanaskan suhu 200°C selama 30-90 menit. Setelah itu refluk difiltrasi untuk mendapatkan padatan. Padatan dicampur larutan natrium hipoklorit 3,5% dan *aquades* (perbandingan *aquades* dan larutan natrium hipoklorit 3,5% adalah 1:1). Kemudian dididihkan selama 10 menit dilanjutkan penyaringan, pencucian,

dan dioven hingga kering. Tahapan ini dilakukan untuk mereduksi sisa lignin yang masih tertinggal dalam sampel. Kemudian padatan dicuci hingga bersih. Hasil yang didapat dioven hingga kering. Hasil yang didapat berupa serbuk kering alpha-selulosa.

3.2.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

Langkah awal pembuatan Film plastik *biodegradable* adalah membuat cairan berbentuk gel dengan komposisi pati sebagai bahan dasar. Aquades sebanyak 70ml dicampurkan ke dalam gelas beker yang berisi pati sebanyak 10g. Kemudian, larutan pati dipanaskan dengan menggunakan *magnetic stirrer hotplate* pada suhu 70°C selama 15 menit, hingga terbentuk gelatin. Setelah itu campurkan bahan-bahan tambahan *plasticizer* yaitu gliserin dan alpha selulosa sebagai *filler*. Dalam penelitian ini, komposisi pati tapioka : selulosa dan gliseril adalah 10 : 1 : 1,3. Kemudian larutan kembali dipanaskan hingga terbentuk gelatinisasi kembali. Larutan yang telah tergelatinisasi dituang dalam cetakan kaca kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 3x24jam untuk penguapan zat pelarut atau *solution casting*.

3.3 Proses Degradasi Film Plastik *Biodegradable*

Pada tahap ini, sampel yang telah kering kemudian di kelupas dari cetakan dan dipotong dengan ukuran 2 cm x 1 cm kemudian di timbang. Selanjutnya di sediakan 12 gelas tabung dengan ukuran diameter dalam 5,5 cm dan tinggi 15 cm. Kemudian tanah kompos yang telah disiapkan di timbang dan dimasukkan ke dalam gelas tabung. Selanjutnya sampel film plastik *biodegradable* di letakkan (di kubur) di dalam tanah kompos dan dikeluarkan berdasarkan variasi waktu degradasi.

3.4 Metode Karakterisasi

3.4.1 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

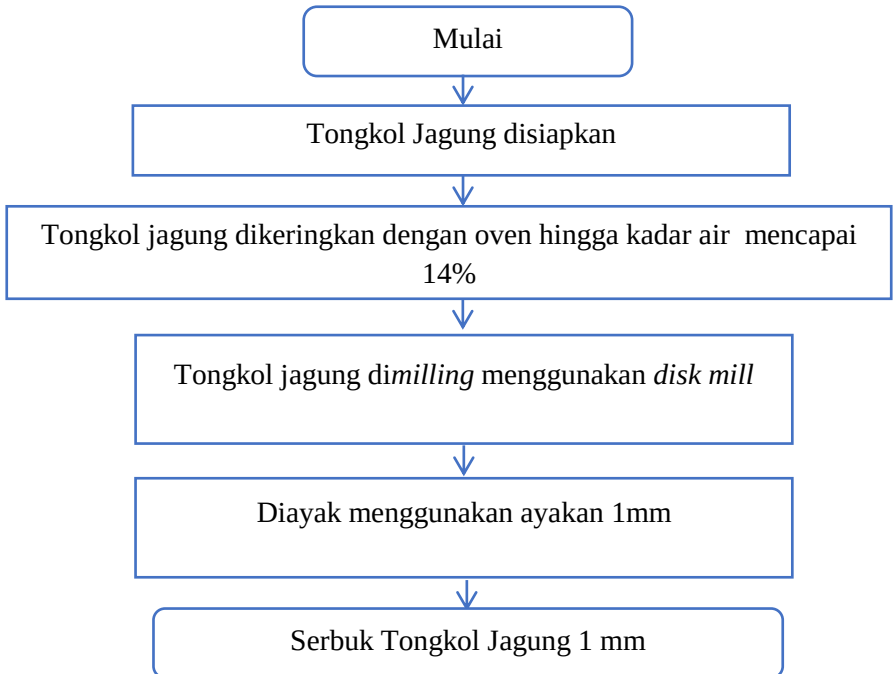
Karakterisasi film plastik *biodegradable* dengan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* sangat diperlukan. Sampel berupa film yang didapatkan setelah beberapa proses yang melalui banyak tahapan, sehingga perlu adanya konfirmasi unsur-unsur yang mungkin hilang atau terdapat pada sampel di setiap tahapannya. FTIR merupakan instrumentasi yang menggunakan radiasi sinar inframerah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Hasil FTIR berupa grafik dimana terdapat puncak-puncak spektra yang menandakan bilangan gelombang yang kemudian dicocokkan dengan bilangan gelombang referensi untuk diketahui gugus fungsi atau ikatan kimia yang teridentifikasi dalam suatu material. Dalam penelitian kali ini uji FTIR dilakukan di Laboratorium FTIR Jurusan Teknik Material Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.4.2 *Dynamic Mechanical Analyser (DMA)*

Karakterisasi film plastik menggunakan *Dynamic Mechanical Analysis* dilakukan untuk mengukur sifat mekanik bahan. Alpha-selulosa yang telah diekstrak akan digunakan sebagai *filler* film plastik *biodegradable*, sehingga pengukuran sifat mekanik sebagai analisa kualitatif sangat dibutuhkan untuk mengetahui sifat mekaniknya. *Dynamic Mechanical Analysis (DMA)* adalah salah satu uji polimer yang berfungsi mengukur viskoelastik suatu sampel yang diukur sebagai fungsi frekuensi, suhu, tegangan, regangan dan lain lain. Dalam penelitian ini Uji DMA dilakukan di Laboratorium Zat Padat Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.4 Diagram Alir Penelitian

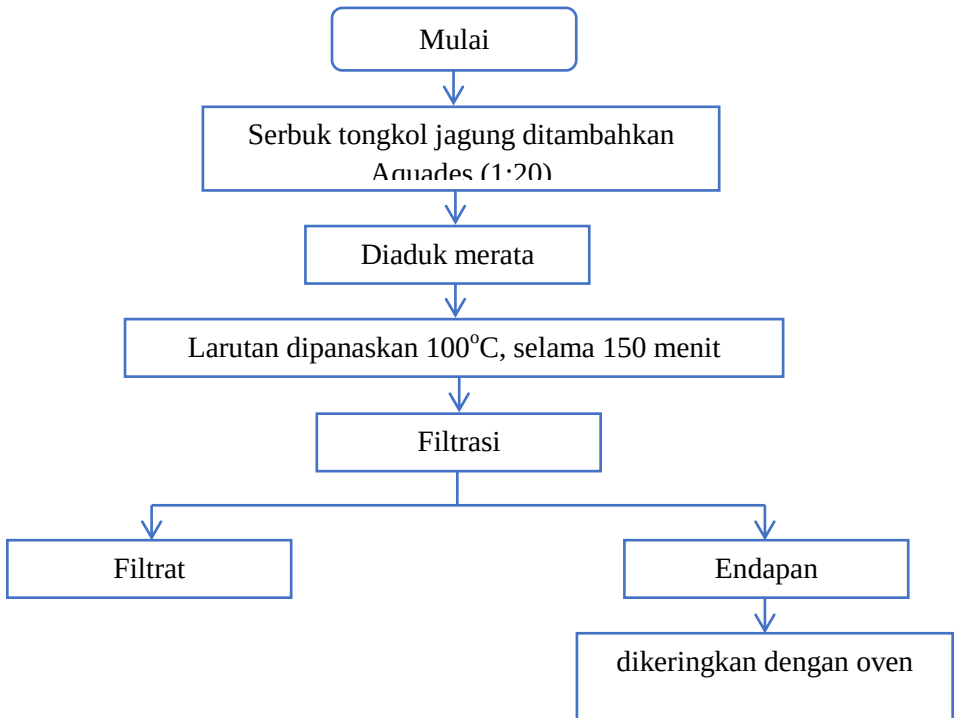
3.4.1 *Milling* Tongkol Jagung



Gambar 3.2 Diagram Alir *milling* tongkol jagung

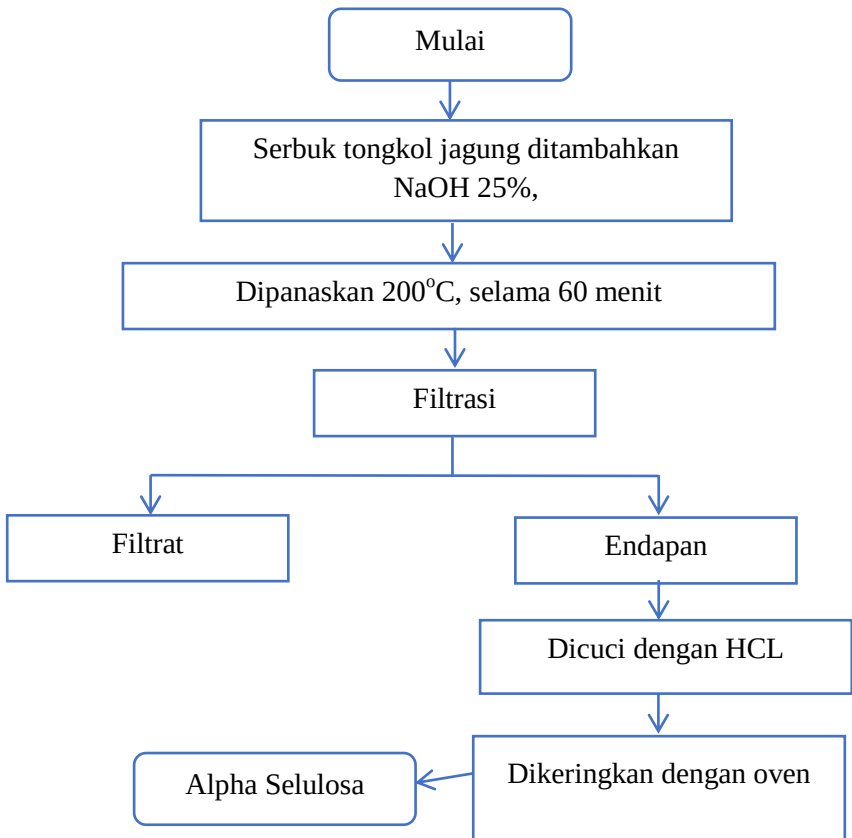
3.4.2 Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung

3.4.2.1 Pre-Delignifikasi



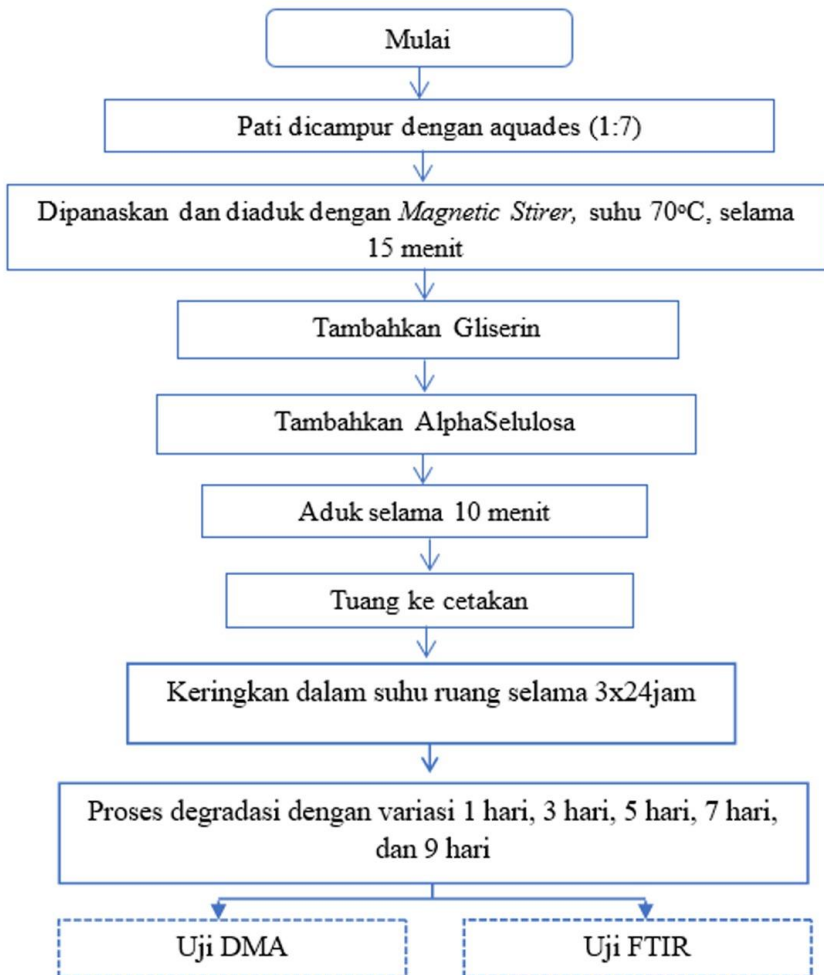
Gambar 3.3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi

3.4.2.2 Delignifikasi



Gambar 3.4 Diagram Alir Delignifikasi

3.4.3 Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Film Plastik *Biodegradable*

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis film plastik *biodegradable*

Terdapat beberapa bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah pati, gliserol, dan selulosa dari tongkol jagung. Dalam penelitian ini tongkol jagung di proses milling menggunakan *diskmill*. Pati sebagai *stabilizer* yaitu perekat, ketika dia dicampurkan dengan aquades dan dipanaskan pada suhu optimal 70° selama 15 menit maka material ini akan tergelatinisasi. Gliserol berperan sebagai *plasticizer* yaitu bahan tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan nilai fleksibilitas dan ketahanan dari plastik *biodegradable*. Selulosa dari tongkol jagung berfungsi sebagai penguat. Dalam penelitian ini digunakan alpha selulosa dari limbah tongkol jagung. Di dalam tongkol jagung sendiri terkandung beberapa unsur diantaranya lignin, hemiselulosa dan selulosa.



Gambar 4.1 Proses pre delignifikasi serbuk tongkol jagung

Untuk mendapatkan alpha selulosa dilakukan serangkaian proses ekstraksi pada serbuk tongkol jagung. Pertama proses predelignifikasi yaitu membersihkan serbuk tongkol jagung dari pengotor dengan cara direndam air dan dipanaskan dengan suhu 100° selama 180 menit. Pada proses ini ditujukan untuk mereduksi bahan ekstraktif dari serbuk tongkol jagung. Bahan bahan ekstraktif yang dimaksud pada serbuk tongkol jagung ialah pengotor dan pengotor ini akan mudah larut dengan air karena sifat selulosa sendiri adalah kuat, keras serta tidak mudah larut dalam air, sehingga dapat dipastikan bahwa bahan yang larut dengan air bukan merupakan selulosa. Setelah proses predelignifikasi maka tahapan yang kedua yaitu proses delignifikasi. Delignifikasi dilakukan untuk mereduksi lignin dari kandungan tongkol jagung.



(1)



(2)

Gambar 4.2 (1) proses delignifikasi dengan direndam ke NaOH. (2) proses delignifikasi dengan direndam ke HCL

Lignin merupakan pengikat komponen hemiselulosa dan selulosa sehingga apabila lignin direduksi maka kedua komponen

yang terikat oleh lignin akan terlepas. Proses delignifikasi ini digunakan larutan NaOH dengan konsentrasi NaOH 25%. Serbuk tongkol jagung hasil predelignifikasi direndam dengan larutan NaOH 25% selama 60 menit. Dengan adanya NaOH maka hemiselulosa juga tereduksi dan larut. Kemudian hasil endapannya direndam kembali dengan HCL 2,5 M selama 15 menit dengan suhu 150° untuk menggerus alpha selulosa. Sebagai pemutih maka dilakukan *bleaching* dengan NaOCl. Kemudian dikeringkan selama 1x24 jam sehingga didapat alpha selulosa.



Gambar 4.3 serbuk alpha selulosa

Setelah alpha selulosa didapat, maka proses selanjutnya ialah pembuatan film plastik *biodegradable*. Pembuatan film plastik ini digunakan metode *solution casting*. Yang disebut *solution casting* disini adalah penguapan pelarut. Pati akan tergelatinisasi ketika dipanaskan dan pelarut akan menguap ketika dikeringkan dan akan membentuk film.

Pati dicampurkan dengan aquades yang telah dipanaskan pada suhu 170° dengan perbandingan 1:7 kemudian dipanaskan dengan suhu 170° selama 15 menit dengan di aduk menggunakan

Magnetic Stirrer dengan kecepatan 60 Rpm, tujuannya agar pati tercampur merata dan mengurangi gelembung yang terdapat dalam larutan. Terjadi perubahan ketika larutan pati dipanaskan yaitu larutan pati mengalami proses gelatinisasi. Gel yang dihasilkan berwarna bening. Kemudian material dicampurkan gliserin.



Gambar 4.4 proses pengeringan film plastik biodegradabel

Perbandingan gliserin dengan pati ialah 1:7,2. Gliserin sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan nilai fleksibilitas dari film plastik yang dibuat. Kemudian ditambahkan alpha selulosa yang didapat dari ekstraksi serbuk tongkol jagung. Setelah itu film dicetak dalam cetakan kaca dan dikeringkan selama 3x24 jam.

4.2 Degradasi plastik *biodegradable* dengan media tanah

Analisa degradasi pada film plastik *biodegradable* dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Proses biodegradabilitas terjadi karena ada nya pengaruh lingkungan yang beinteraksi dengan sampel sehingga terjadi proses hidrolisis (degradasi

kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi) sehingga terjadi penguraian pada sampel.



Gambar 4.5 proses degradasi sampel dengan media tanah

Untuk degradasi pada film plastik *biodegradable* ini dilakukan dengan mengubur sampel dalam media tanah terkarakterisasi dengan variasi waktu. Media tanah yang digunakan merupakan tanah kompos dengan karakteristik dibawah ini .

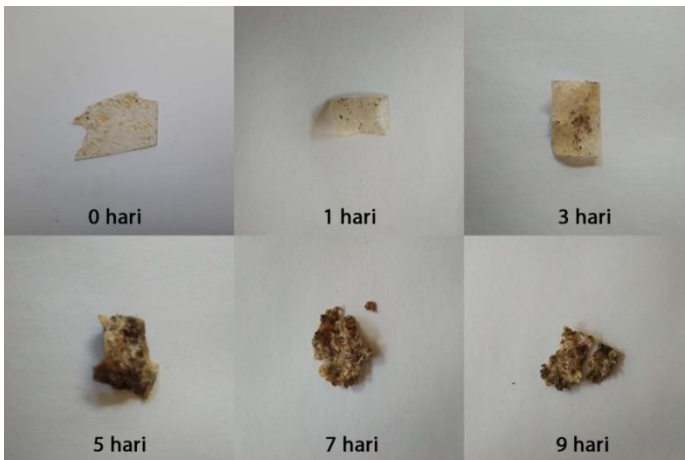
Tabel 4.1. Tabel Analisis Tanah Kompos

pH 1 : 2,5		C _{Organik}	N _{total}	C/N	Bahan Organik	P	K
H ₂ O	KCl					HNO ₃ +HClO ₄	
6,8	-	19,21	1.97	10	33,22	1,57	6,77

Tabel kandungan kompos ini merupakan bukti media yang kami gunakan ini adalah kompos yang berstandart (SNI). Massa organik pada kompos sebesar 33,22% dalam kompos menunjukkan adanya mikroorganisme yang aktif. Karena sesuai standart kompos yang baik, mikroorganisme didalam kompos mampu mengurai material organik seperti plastik *biodegradable*,

hal ini menjadikan media kompos sebagai media degradasi yang bersifat destruktif pada sampel biodegredeble.

Film plastik *biodegradable* yang telah kering kemudian dipotong guna untuk analisa degradasi dengan media tanah yang nantinya digunakan untuk pengujian *Fourier Transformation Infrared* (FTIR) dan pengujian *dynamic mechanical analyzer* (DMA) dengan ukuran 2,5 cm x 1 cm dengan rata-rata ketebalan sampel 0,5 mm. Sempel Film plastik *biodegradable* kemudian di timbun menggunakan tanah kompos dengan massa 156 gram dan dimensi tabung diameter 5,5 cm serta tinggi 13 cm. Variasi yang digunakan pada proses degradasi pada media tanah ini yaitu variasi waktu 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari.



Gambar 4.6 Foto Sampel film plastik *biodegradable* sebelum dan setelah diberikan variasi waktu degradasi

Dapat di lihat pada gambar di atas perubahan fisik sampel film plastik *biodegradable* setelah di berikan variasi waktu degradasi. Pada gambar di atas, sampel 0 hari merupakan sampel

film plastik *biodegradable* yang belum diberikan perlakuan degradasi. Sampel 1 hari merupakan sampel yang diberikan perlakuan degradasi 1 hari dimana terlihat bentuk fisik yang lebih tipis dan lebih kaku karena kehilangan sifat plastis akibat proses *swelling* sehingga permukaannya bergelombang. Pada sampel 3 hari merupakan sampel yang diberikan perlakuan degradasi dengan waktu 3 hari didalam tanah kompos. Terlihat beberapa bagian sampel yang terdegradasi (terlepas dari sampel) dengan kondisi fisik yang semakin keras setelah di keringkan dalam suhu ruang setelah proses degradasi. Pada sampel 5 hari sudah terlihat degradasi struktur sampel secara jelas dan kompos yang menempel tipis pada sampel. Sampel 7 hari dan 9 hari merupakan variasi waktu degradasi puncak karena sampel sudah mulai rapuh dan beberapa bagian sampel yang terlepas (rontok).

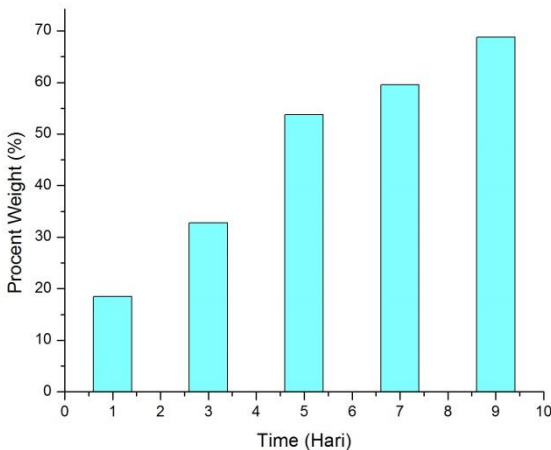
Tabel 4.2. Analisis degradasi plastik *biodegradable*

Waktu	Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	Degradasi (gram)	Presentase Degradasi (%)
1 hari	0,0986	0,0804	0,0182	18,4584
3 hari	0,1058	0,0711	0,0347	32,7977
5 hari	0,0989	0,0457	0,0532	53,7917
7 hari	0,1045	0,0423	0,0622	59,5215
9 hari	0,1062	0,0332	0,073	68,7382

Pada tabel di atas terlihat pada massa awal sampel plastik *biodegradable* memiliki massa yang berbeda meskipun ukurannya sama. Hal ini terjadi karena ketebalan film plastik *biodegradable* berbeda saat sampel kering meskipun pada saat mencetak sampel sudah rata. Hal ini dikarenakan kadar air pada sebagian sampel lebih tinggi daripada sebagian yang lain,

sehingga pada saat proses pengeringan air menguap dan sampel akan lebih tipis dari bagian sampel yang memiliki kadar air lebih rendah. Selain karena ketebalan, faktor lain yang menyebabkan perbedaan massa sampel adalah adanya gelembung dalam sampel yang muncul pada saat proses pencampuran pati dan air diiringi dengan pengadukan secara manual. Proses pengadukan ini meninggalkan ruang kosong (gelembung) pada sampel yang mengakibatkan meningkatnya porositas sampel.

Variasi waktu yang ditentukan bertujuan untuk melihat tahapan degradasi secara linier. Data pada tabel degradasi di atas terlihat adanya pengaruh media tanah kompos terhadap sampel film plastik *biodegradable* yang ditunjukkan semakin berkurangnya presentase massa awal sampel, berbanding lurus dengan bertambahnya hari dalam variasi degradasi.



Gambar 4.7 Grafik hasil analisis degradasi film plastik *biodegradable* terhadap waktu

Bisa dilihat ada gambar 4.7 menggambarkan grafik hubungan antara presentase massa sampel terdegradasi (Wt %) terhadap variasi waktu. Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu (hari) sampel di timbun dalam media tanah kompos, jumlah presentase massa sampel yang terdegradasi akan semakin besar. Pada grafik diatas menunjukkan hasil degradasi hari pertama (pada titik merah pertama) sebanyak 18,4584%, kemudian sampel dengan waktu degradasi 3 hari yang ditandai titik merah kedua memiliki nilai presentase degradasi sebanyak 32,7977%, selanjutnya sampel dengan waktu degradasi 5 hari yang ditandai titik merah ketiga memiliki nilai degradasi sebanyak 53,7917%, sampel dengan waktu degradasi 7 hari yang ditandai titik merah keempat memiliki nilai degradasi sebanyak 59,5215% dan yang terakhir sampel dengan waktu degradasi 9 hari yang di tandai titik merah paling atas memiliki nilai degradasi sebanyak 68,7382%.

Pada proses degradasi 1 hari, 3 hari dan 5 hari terlihat pada grafik menunjukkan garis linier lurus yang menandakan peningkatan presentase massa sampel film plastik *biodegradable* terdegradasi meningkat secara linier. Namun pada saat degradasi hari ke-7 dan hari ke-9 terjadi penambahan massa degradasi namun tidak linier. Hal ini dikarenakan adanya tanah kompos yang menempel pada sampel film plastik *biodegradable* sehingga menambah massa sampel ketika dilakukan penimbangan. Tanah kompos memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan sampel film plastik *biodegradable*, sehingga sampel yang terdiri dari tepung tapioka (pati) memiliki sifat absorpsi terhadap kadar air dan plastisizer gliserol yang mempengaruhi fleksibilitas sampel film plastik *biodegradable* akan meningkatkan permeabilitas uap air yang terserap sehingga sampel mengalami proses *swelling*. *Swelling* merupakan kemampuan material

bersifat plastis untuk mengembang jika berinteraksi dengan material yang memiliki kadar air lebih tinggi. Sehingga ketika sampel film plastik *biodegradable* mengalami absorpsi, kadar air dalam tanah kompos akan terserap.

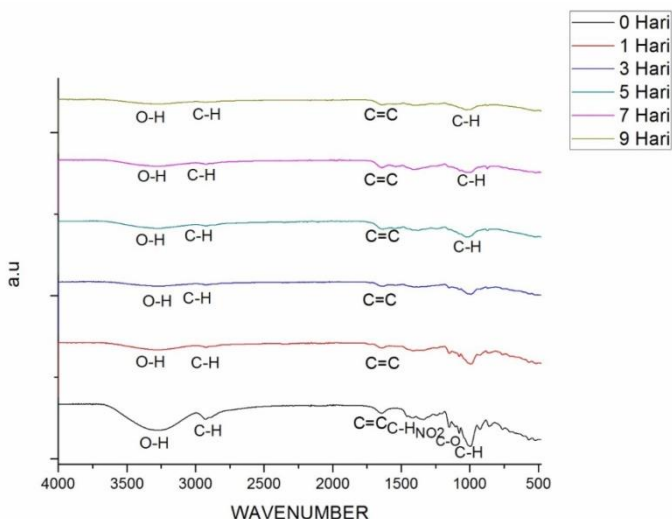
Bersamaan dengan itu, sampel juga akan mengalami proses *swelling* dan sampel menjadi mengembang dan lengket, sehingga kompos yang berada di sekitar sampel akan menempel dengan sangat lengket dan ketika pada saat pembersihan sampel setelah proses degradasi, kompos yang menempel pada sampel film plastik *biodegradable* sangat sulit dibersihkan karena kondisi sampel yang sangat rentan hancur karena telah terdegradasi. Hal ini mengakibatkan sampel pada proses degradasi hari ke-7 dan hari ke-9 memiliki massa lebih yaitu adanya pengotor sampel yang ikut di timbang. Sedangkan pada proses degradasi hari pertama, ke-3 dan hari ke-5 sampel masih bisa dibersihkan dari kompos yang menempel.

4.3 Hasil *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Analisa menggunakan *Fourier Transformation Infrared (FTIR)* ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan jenis ikatan kimia yang terdapat pada suatu material. Setiap ikatan yang terbentuk oleh suatu material memiliki vibrasi dengan panjang gelombang tertentu. Vibrasi ini kemudian yang dimanfaatkan spektrum *infrared* untuk mengetahui bilangan gelombang karakteristik pada suatu material. FTIR digunakan untuk penentuan struktur, khususnya senyawa-senyawa organik dan polimer pada suatu material. Walaupun analisa spektrum infra merah pada suatu molekul poli atom sangat sukar dan rumit, namun gugus fungsional suatu molekul tampak pada daerah spesifik (Hendayana dkk, 1994). Aplikasi pertama dari metode analisis menggunakan radiasi *infrared* digunakan untuk

mempelajari polimer. *Infrared Spectroscopy* (IR) merupakan metode yang dapat digunakan dalam penyelidikan struktur polimer dan analisis gugus fungsi (Sandler, 1998 dalam Rahayu, 2009).

Infrared Spectroscopy (IR) adalah suatu metode analisis untuk mengidentifikasi senyawa kimia. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa gugus fungsional kimia yang berbeda akan mengabsorpsi sinar infra merah pada panjang gelombang yang berbeda bergantung pada gugus fungsional kimia yang dimiliki. *Infra red* dapat digunakan untuk menganalisis padatan (serbuk), film atau blok, cairan baik murni maupun campuran dan gas. Analisa FTIR dapat digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada suatu senyawa organik maupun senyawa polimer pada daerah sidik jari $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Karakterisasi FTIR ini dilakukan pada 6 sampel eksperimen yaitu sampel film plastik *biodegradable* tanpa perlakuan degradasi, sampel film plastik *biodegradable* 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari.



Gambar 4.8 Grafik hasil karakterisasi pengujian FTIR sampel plastik *biodegradable* sebelum dan setelah degradasi

Berdasarkan hasil FTIR keenam sampel memiliki masing-masing beberapa puncak spektra. Kemudian puncak spektra ini menampilkan bilangan gelombang yang dicocokkan dengan referensi bilangan gelombang yang ada. Setelah dicocokkan maka akan diketahui gugus fungsi atau ikatan kimia yang terkandung dalam suatu material. Berikut merupakan hasil FTIR dan juga bilangan gelombang referensi yang sudah dikemas dalam bentuk tabel.

Tabel 4.3 Perbandingan puncak *spektra* Hasil FTIR

Gugus fungsi (Referensi)	Variasi Masa Degradasi					
	0 hari	1 hari	3 hari	5 hari	7 hari	9 hari
Cellulose (1170-1150,1050,1030)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pectin (1680-1600,1260,955)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-H stretching	✓	✓	✓	✓	✓	✓
O-H stretching	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C=C stretching	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-O stretching	✓	x	x	x	x	x

Hasil FTIR 6 sampel plastik *biodegradable* sebelum dan setelah perlakuan degradasi menunjukkan bahwa memiliki gugus fungsi yang sama. Hal tersebut ditunjukkan pada puncak *spectra* 1149,86 pada 0 hari degradasi, puncak *spectra* 1148,43 pada 1 hari degradasi, puncak *spectra* 1148,20 pada 3 hari degradasi, puncak *spectra* 1148,13 pada 5 hari degradasi, puncak *spectra* 1049,8 pada 7 hari degradasi dan puncak *spectra* 1029,3 pada 9 hari degradasi. Selanjutnya terdapat puncak *spectra* pada bilangan

gelombang 1646,49 pada sampel 0 hari, gelombang 1636,98 pada sampel 1 hari, gelombang 1636,98 pada sampel 3 hari, gelombang 1636,78 pada sampel 5 hari, gelombang 1635,49 pada sampel 7 hari dan gelombang 1634,89 pada sampel 9 hari yang masuk pada rentang bilangan gelombang dari pektin yaitu 1680-1600. Pektin merupakan senyawa polisakarida yang terdapat pada dinding sel tumbuhan yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat. Pada semua sampel terdapat gugus fungsi C-H *stretching* dan O-H *stretching* yang menandakan masih adanya polimer pati dalam sampel dan C=C *stretching* adalah alkena yang menandakan adanya unsur pengotor yang masuk dalam proses sintesis atau pengujian. Gugus fungsi C-O *stretching* menandakan adanya senyawa gliserol pada sampel, hanya sampel yang belum mendapatkan perlakuan variasi degradasi saja yang masih terdapat gliserol, hal ini sesuai teori dimana gliserol terlarut dalam air ketika absorpsi terjadi dalam proses degradasi dan akhirnya menguap dalam proses pengeringan suhu ruang.

Dapat dilihat karakterisasi dari sampel dengan variasi degradasi 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari memiliki nilai bilangan gelombang yang hampir sama. Hanya saja mengalami pergeseran dengan nilai sedikit ketika variasi degradasinya di tambahkan dan juga sama-sama kehilangan C-O *stretching* saat proses degradasi. Artinya kandungan dari kedua bahan tidak berbeda jauh karena penyusun sampel film berbahan dasar sama yaitu pati dan selulosa. Sedangkan perbedaan sampel film plastik *biodegradable* yang belum diberikan perlakuan degradasi dan mendapatkan perlakuan variasi degradasi ada pada C-O *stretching*, yang masih ada pada sampel film plastik *biodegradable* yang belum diberikan perlakuan degradasi dan tidak ada pada sampel film plastik *biodegradable* yang mendapatkan perlakuan degradasi. Kemudian untuk mengetahui sifat mekanik dari

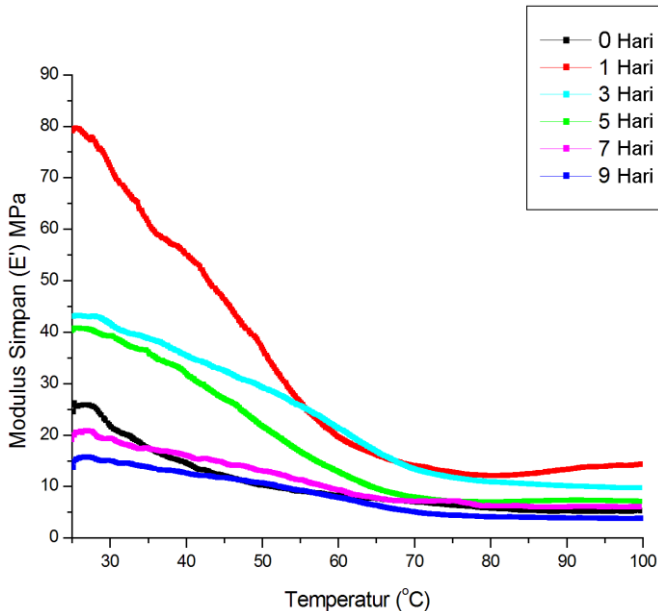
seluruh sampel film plastik *biodegradable* beserta plastik pembanding maka dilakukan uji mekanik yaitu uji DMA.

4.4 Uji termomekanik film plastic menggunakan *Dynamic mechanical analyzer* (DMA)

Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) adalah salah satu uji polimer yang berfungsi mengukur viskoelastik suatu material eksperimen yang diukur sebagai fungsi frekuensi, suhu, tegangan, regangan dan lain lain. Tujuan dari *dynamic mechanical analyzer* (DMA) dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat termomekanik dari suatu material. Pengukuran sifat mekanik material menggunakan uji DMA mengikuti Hukum Hooke dimana materi diibaratkan sebuah pegas. Dalam Hukum Hooke, *elastic* atau modulus young (E) diperoleh pada sampel yang lunak dengan teknik *shear*. Data yang didapat dari uji DMA ini adalah modulus simpan (E') terhadap temperatur.

Sampel film plastik *biodegradable* dipotong masing-masing dengan ukuran $5 \times 5 \text{ mm}^2$ untuk keperluan pengujian. Ketebalan film plastik *biodegradable* adalah 0,3 mm. Pengujian DMA kali ini menggunakan teknik sapuan suhu. Dari hasil uji DMA data yang didapatkan adalah modulus elastis dari film plastik *biodegradable* serta ketahanan sampel terhadap sapuan suhu. Sampel film plastik *biodegradable* yang telah diberikan perlakuan variasi degradasi memiliki kondisi fisik yang kurang baik dimana sampel pada variasi degradasi 1 hari, 3 hari dan 5 hari dalam kondisi keras dan rentan patah setelah proses pengeringan suhu ruang. Kondisi keras pada sampel akan menjadikan nilai modulus simpan nya akan semakin tinggi ketika dilakukan proses uji DMA, karena nilai modulus simpan muncul karena respon yang diberikan oleh sampel atas gaya yang diberikan oleh alat. Selain keras, sampel yang telah diberikan proses degradasi juga rentan patah, sebagian sampel retak dan

permukaan sampel yang bergelombang. Hal ini mengakibatkan ketikan sampel dimasukkan ke *claimer* pada alat DMA, sampel tertekan dan akhirnya patah. Hal ini akan mengakibatkan hasil yang kurang lembut (kurang *smooth*) pada grafik saat dilakukan kenaikan suhu furnace DMA terhadap sampel.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji mekanik DMA

Pada gambar 4.9 menggambarkan grafik hubungan antara modulus simpan terhadap temperatur pada sampel yang diuji. Modulus simpan (E') menunjukkan tingkat kekakuan pada material. Enam sampel yang di uji ialah 1 sampel yang tidak mendapatkan perlakuan variasi degradasi dan 5 sampel yang diberikan variasi degradasi 1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari. Pada gambar 4.9 sampel yang tidak mendapatkan perlakuan

variasi degradasi memiliki nilai 26,2804 MPa dan menjadi pembanding terhadap sampel yang mendapatkan perlakuan variasi degradasi. Pada sifat fisis nya, sampel film plastik *biodegradable* yang diberikan perlakuan variasi degradasi akan lebih keras dan padat dibandingkan sampel yang tidak mendapatkan perlakuan degradasi. Hal ini dikarenakan sampel yang terdiri dari tepung tapioka (pati) memiliki sifat absorpsi terhadap kadar air dan plastisizer gliserol yang mempengaruhi fleksibilitas sampel film plastik *biodegradable* akan meningkatkan permeabilitas uap air yang terserap sehingga sampel mengalami proses *swelling*. Pada saat proses *swelling*, *gliserol* sebagai *plastisizer* yang memiliki gugus OH⁻ dapat menginisiasi proses hidrolisis setelah mengabsorpsi air di sekitar sampel dimana hal ini akan mengakibatkan polimer pati terdekomposisi menjadi ukuran yang lebih kecil dan menghilang dalam tanah.

Kondisi sampel yang lebih keras pada film plastik *biodegradable* yang diberikan perlakuan variasi degradasi menyebabkan modulus simpannya lebih tinggi dibandingkan sampel pada film plastik *biodegradable* yang tidak diberikan perlakuan variasi degradasi. Hal itu dikarenakan nilai modulus simpan dihasilkan dari respon sampel yang diberikan gaya pada uji DMA. Nilai modulus simpan pada sampel dengan variasi degradasi 1 hari yang ditandai grafik berwarna merah adalah 80,3981 MPa. Kemudian nilai modulus simpan pada sampel dengan variasi degradasi 3 hari yang ditandai grafik berwarna biru muda adalah 42,0330 MPa. Selanjutnya nilai modulus simpan pada sampel dengan variasi degradasi 3 hari yang ditandai grafik berwarna hijau adalah 40,2482 MPa. Ketiga sampel di atas merupakan sampel yang tidak terdapat kerak tanah ketika dilakukan pengujian DMA, sehingga sampel kering, keras dan

tidak mudah rapuh. Sedangkan kondisi fisis pada sampel dengan variasi degradasi 7 hari dan 9 hari terlihat permukaan sampel tertutup kerak, lunak dan lebih rapuh. Sehingga nilai modulus simpannya lebih kecil dibandingkan sampel tanpa perlakuan variasi degradasi. Pada sampel dengan variasi degradasi 7 hari yang ditandai grafik berwarna merah muda memiliki modulus elastisitas sebesar 20,5823 MPa dan sampel dengan variasi degradasi 9 hari yang ditandai grafik berwarna merah muda memiliki modulus elastisitas sebesar 15,2126 MPa.

Dari data ini dapat ditarik kesimpulan, yaitu pada sampel eksperimen yang diberikan perlakuan variasi degradasi akan mengalami penurunan modulus simpan seiring bertambahnya variasi waktu degradasi. Itu berarti terjadi penurunan kekuatan sifat mekanik pada sampel yang sejalan dengan teori dimana semakin lama polimer terdegradasi, maka polimer akan mengalami proses kerusakan atau penurunan mutu akibat putusny ikatan rantai pada polimer.

Tabel 4.4 Nilai Modulus Simpan pada sampel

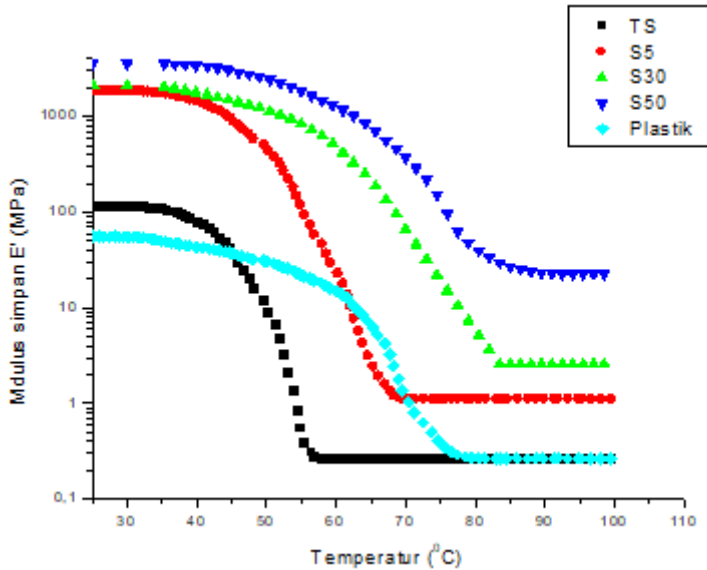
No.	Variasi Degradasi	Modulus Simpan (Mpa)
1	0 Hari	26,2804
2	1 Hari	80,3981
3	3 Hari	42,0330
4	5 Hari	40,2482
5	7 Hari	20,5823
6	9 Hari	15,2126

Kemudian jika ditelaah pada gambar 4.9 grafik hasil uji DMA enam sampel tersebut menunjukkan penurunan nilai modulus simpannya seiring dengan meningkatnya temperatur, dalam penurunan tersebut terdapat daerah yang merupakan masa

transisi dari bentuk kaku (*rigid*) ke masa *liquid* atau T_m . Penurunan nilai modulus simpan drastis terjadi pada awal suhu di naikkan. Setelah nilai modulus simpan menurun seiring meningkatnya suhu, kurva modulus simpan mengalami nilai yang konstan. Hal ini terbukti secara teoritis dimana Setiap sampel yang diuji seluruhnya mengalami penurunan nilai modulus simpan seiring dengan meningkatnya temperatur. Penurunan ini terjadi ketika suhu naik dimana gaya intermolekul berkurang sehingga gaya dari luar mampu mendeformasi struktur dan nilai modulus simpan menurun (Hilmy, 2016). Pada pengujian DMA ini, sampel film plastik *biodegradable* dengan variasi degradasi 1 hari, 3 hari dan 5 hari tidak menunjukkan kurva suhu konstan pada penambahan suhu. Hal ini dikarenakan sampel tidak meleleh hingga suhu maksimal 100°C . Berbeda dengan sampel dengan variasi degradasi 7 hari, 9 hari dan sampel tanpa perlakuan degradasi. Sampel ini menunjukkan kurva konstan pada suhu 80°C yang ditunjukkan pada grafik hasil uji DMA, hal ini dikarenakan sampel mencapai *temperature melting* sehingga sampel meleleh. Bila ditelaah, pada sampel dengan variasi degradasi 1 hari, 3 hari dan 5 hari yang tidak menunjukkan kurva konstan karena sampel memiliki kondisi fisis yang keras dengan modulus simpan yang tinggi sehingga memerlukan suhu lebih dari 100°C untuk mencapai *temperature melting* sehingga sampel meleleh. Berbeda dengan sampel variasi degradasi 7 hari, 9 hari dan sampel tanpa perlakuan degradasi yang memiliki kondisi fisis yang lebih lunak sehingga lebih cepat mencapai *temperature melting* pada suhu dibawah 100°C .

Sampel film plastik *biodegradable* diatas ditujukan untuk menggantikan kantong plastik konvensional, oleh karena itu disertakan data perbandingan antara film plastik *biodegradable* dengan kantong plastik konvensional dimana data ini telah

diperoleh dari penelitian Moch. Fabet ali taufan pada tahun 2017 pada jurnalnya yang berjudul “Karakterisasi Termomekanik Plastik Biodegradable Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)” menggunakan metode Tensel.



Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji mekanik DMA (Toufan,2017)

Dari hasil penelitian diatas diperoleh data modulus simpan film plastik *biodegradable* dengan nilai 1862,65182 MPa lebih tinggi dari sampel kantong plastik konvensional yang memiliki nilai modulus elastisitas 55,31048 MPa. hal ini dapat di simpulkan bahwa plastik mampu mengantikan peran kantong plastik konvensional.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh waktu degradasi pada Sampel film plastik *biodegradable* berbanding lurus dengan presentase massa sampel yang terdegradasi (terurai)
2. Gugus fungsi dari plastik *biodegradable* yang tanpa diberikan perlakuan degradasi dan mendapatkan perlakuan variasi degradasi memiliki rentang bilangan gelombang yang sama pada puncak spektra masing-masing sampel, perbedaan hanya pada C-O *stretching* yang masih terdapat pada plastik *biodegradable* yang belum diberikan perlakuan degradasi yang menandakan ada gliserol aktif didalamnya.
3. Uji DMA menunjukkan bahwa:
 - a. Nilai modulus simpan pada sampel yang tanpa diberikan perlakuan degradasi adalah 26,2804 MPa
 - b. Modulus simpan sampel yang diberikan perlakuan degradasi 1 hari, 3 hari dan 5 hari lebih tinggi dari sampel tanpa perlakuan degradasi. Hilangnya gliserol meningkatkan modulus simpan karena sampel semakin keras
 - c. Modulus simpan sampel yang diberikan perlakuan degradasi 7 hari dan 9 hari lebih rendah dari sampel tanpa perlakuan degradasi. Waktu degradasi yang lama membuat kondisi fisis sampel semakin rapuh.

5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini disarankan dilakukan analisis SEM atau TEM setelah pengujian DMA agar diperoleh

informasi morfologi komposit sebelum dan sesudah proses degradasi dan pengujian DMA. Perlu adanya pengujian TGA untuk mendambah informasi degradasi material terhadap suhu yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergo, P. and Sobral, P. J. A. 2007. "Effect of plasticizer on physical properties of pigskin gelatin films." Food Hydrocolloids.
- Cui, S. W., 2005, "Food Carbohydrates Chemistry, Physical Properties, and Application", CRC Press, Boca Raton, London, New York, Singapore.
- Damayanthi, D. (2003). Teknologi proses pembuatan dan karakterisasi biodegradable plastik dari bahan campuran polipropilen dan tapioka [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Darni Y. dan Herti Utami, 2010, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum", Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 7(4): 88-93.
- Fabunmi, Oyeyemi O., Tabil L. G., Chang P. R., Panigrahi S. 2007. "Developing Biodegradable Plastics from Starch. Paper Number RRV07130, ASABE/CSBE North Central Intersectional Meeting. The American Society of Agricultural and Biological Engineers", St. Joseph, Michigan. www.asabe.org. Tanggal Akses: 13 Maret 2008.

- Flieger, M., M. Kantorova, A. Prell, T. Rezanka, J. Votruba, 2003, "Review Biodegradable Plastics from Renewable Sources", *Folia Microbiol.* 48 (1), 27-44 (2003).
- Firdaus, F, 2008, "Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan Dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemplastik Gliserol", *Jurnal Penelitian & Pengabdian dppm.uui.ac.id*: 1-14.
- Gaudin, S., Lourdin, D., Le Botlan, D., et al. 1999 "Plasticisation and mobility in starch-sorbitol films". *Journal of cereal sciences* 29.
- Hilmy, A. 2016." Sifat Termomekanik Komposit PEG/SiO₂ Amorf Menggunakan Dynamic Mechanical Analyzer (DMA). *Jurnal Science dan Seni ITS*.
- Huda, Thorikul, Feris Firdaus, 2007, "Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar", *Logika*. Vol. 4, No. 2, Juli 2007.
- Hendayana S. 1994 "Kimia analisis instrument". Semarang : IKIP press.
- Hermiati E., 2010, "Pemanfaatan Biomasssa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk produksi Bioetanol", *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4).
- Holtzapple M.T, 1993, "Cellulose. In: *Encyclopedia of Food Science., Food Technology and Nutrition*, 2: 2731-2738", Academic Press, London.

- Jacobs, H. and J.A. Delcour. 1998. "Hydrothermal modifications of granular starch with retention of the granular structure: Review . J agric.
- Kirk dan Othmer, 2012, "Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 12, Edisi 4", John Wiley & Sons Inc, New York.
- Klemm, D., 1998, "Comprehensive Cellulose Chemistry", Volume I. New York: Wiley-VCH.
- Lehninger, A.L., 1993, "Dasar-dasar biokimia. Jilid 1, 2, 3", Erlangga, Jakarta.
- Mujiarto, Imam, 2005, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi", Vol.3, No.2.
- Martaningtyas. 2004. "Potensi Plastik Biodegradable" . Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Oxtoby, D.W, H.P. Gillis and N.H. Nachtrieb, 2003, "Prinsip-Prinsip Kimia Modern". Edisi Keempat jilid II. Terjemahan S.S Achmadi Erlangga Jakarta.
- Rahayu, S. 2009. "pengaruh perbandingan berat bahan dan waktu ekstraksi terhadap minyak biji papaya terambil". Journal industry dan informasi.
- Richana N. dan Suarni, 2007, "Teknologi Pengolahan Jagung. In Sumarno et al. Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan", Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. P: 386-409.

- Sanjaya, G. L. dan Puspita L., 2010, “Pengaruh Penambahan Khitsan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sarka, Evzen, Zdenek Krulis, Jiri Kotek, Lubomir Ruzek, Anna Korbarova, Zdenek Bubnik dan Michaela Ruzkova, 2011, “Application of Wheat B- Starch in Biodegradable Plastic Materials”, Czech Journal of Food Science, Vol. 29, 3:232-242.
- Susilowati, 2011, “Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Proses Hidrolisis H₂SO₄ Fermentasi *Saccharomyces*”.
- Shofianto, M.E., 2008, “Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulotik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran”, Skripsi UGM.
- Stevens, M, 2001, “Kimia Polimer”, Alih Bahasa : Lis Sopyan, Pradyna Pramita, Jakarta.
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications* . America: John Wiley
- Sun,Y., Cheng, J., 2002, “Hidrolisis of Lignocellulose Material for Ethanol Production: a review”, Bioresource Technology, Vol. 83 hal. 1-11.
- Vilpoux O. dan L. Averous. 2006. “Starch-Based Plastics”. Latin American Starchy Tubers.

- Winarno, F. G. 1988. “Teknologi Pengolahan Jagung. Di dalam: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (ed) Jagung”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Yusmarlela, 2009, “Studi Pemanfaatan Plasticizer Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu”, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Zugenmaier, P., 2008, “Crystalline Cellulose and Derivatim Springer-Verlag”, Jerman.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Hasil laburatorium penelitian tanah kompos



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
 Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
 Telepon : +62341-551611 pos. 207-208; 551665; 565845; fax. 560011
 website: www.fp.ub.ac.id email: faperta@ub.ac.id
 Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
 JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
 Ilmu dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

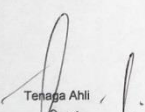
Mohon maaf bila ada kesalahan dalam pendafsan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 379 / UN10.4 / T / PG / 2016

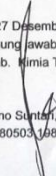
HASIL ANALISIS CONTOH PUPUK KOMPOS
 a.n. : Ivan
 Alamat : FISIKA ITS - Surabaya

Terhadap kering oven 105°C

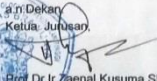
No. Lab	Kode	pH 1:2.5		C. organik	N. total	C/N	Bahan Organik	P	K	Kadar Air
		H ₂ O	KCl 1N					HNO ₃ + HClO ₄	HNO ₃ + HClO ₄	
PPK 341	KOMPOS	6,9	-	19,21	1,97	10	33,22	1,57	6,77	55


 Tenaga Ahli
 Prof. Dr. Ir. Syekh Fani MS
 NIP. 19480723 197802 1 001

Malang, 27 Desember 2016
 Penanggung jawab,
 Ketua Lab. Kimia Tanah


 Dr. Ir. Retno Surtanto, SU
 NIP. 19580503 198303 2 002

Mengetahui :
 a.n. Dekan
 Ketua Jurusan


 Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
 NIP. 19540501 198103 1 006



C:\Dokumen\hasil analisis\Des.16\sh

Standart Nasional Indonesia Pupuk Kompos

SNI 19-7030-2004

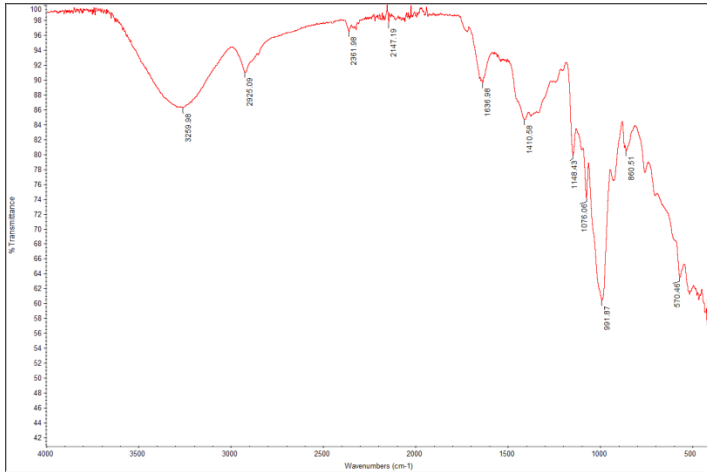
Tabel 1 Standar kualitas kompos

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P_2O_5)	%	0,10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K_2O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25,50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
27	Besi (Fe)	%	*	2,00
28	Aluminium (Al)	%	*	2,20
29	Mangan (Mn)	%	*	0,10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

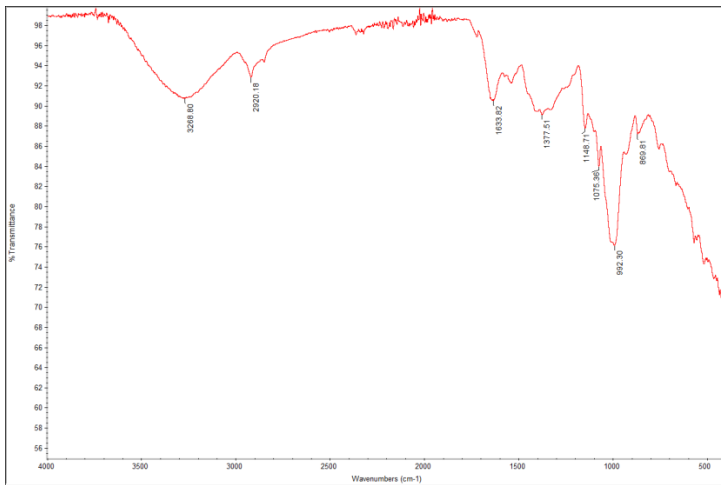
Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Hasil Pengujian FTIR

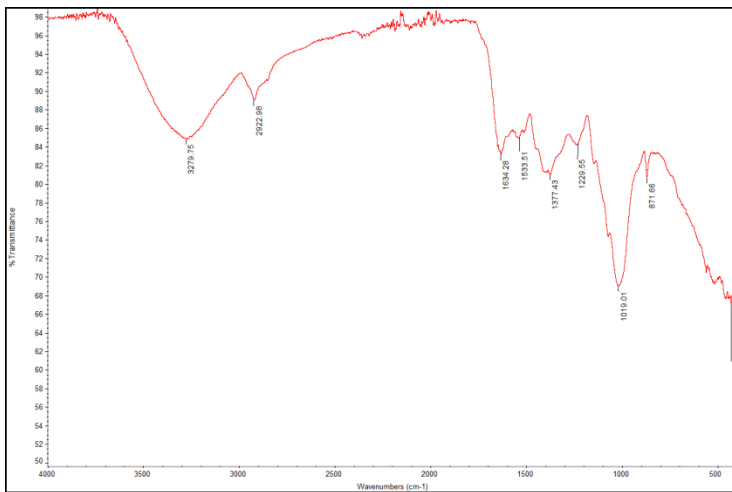
Degradasi 1 hari



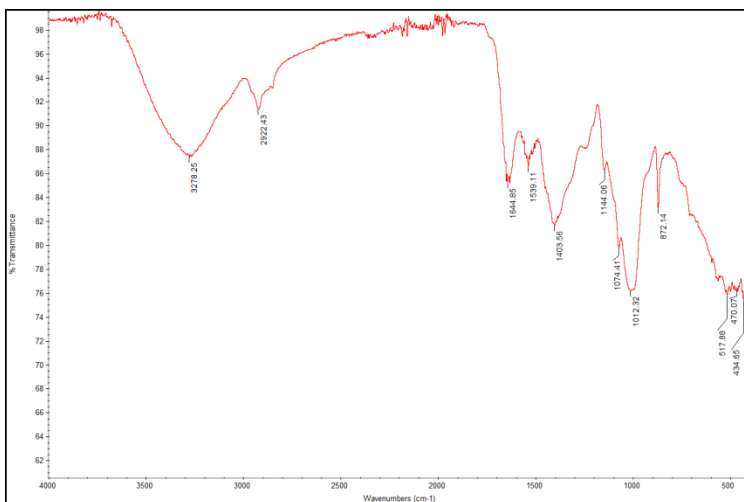
Degradasi 3 hari



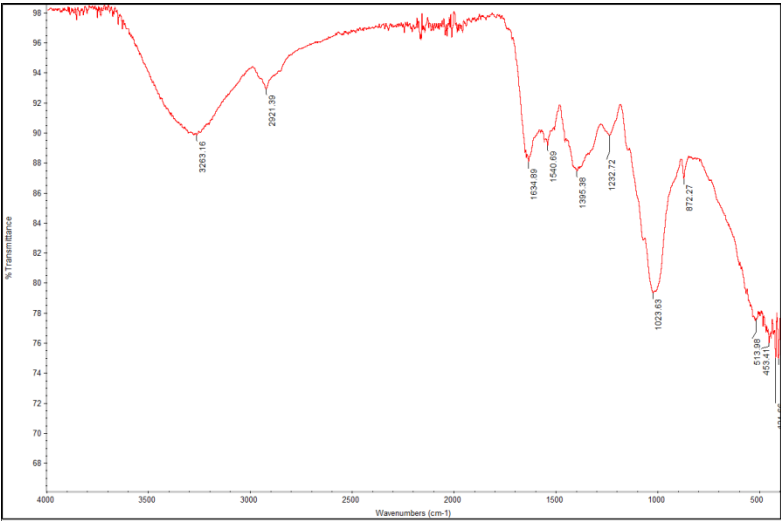
Degradasi 5 hari



Degradasi 7 hari



Degradasi 9 hari



BIODATA PENULIS



Amrul Choirwathon Asofa, lahir di Nganjuk 11 September 1993. Penulis adalah anak tiga dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Suwarno dan Ibu Munjiati. Penulis menempuh pendidikan formal Sekolah dasar di SDN 2 Tanjunganom, Nganjuk. kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Tanjunganom, Nganjuk, lalu menempuh pendidikan SMA di SMA Negeri 1 Tanjunganom, Nganjuk dan pendidikan terakhir adalah mengambil studi di Departemen Fisika ITS. Selama menempuh perkuliahan, penulis mengambil bidang minat di fisika material. Diluar kegiatan kuliah, penulis lebih banyak aktif di bidang Wirausaha telah memenangi Lomba Wirausaha di tingkat nasional maupun internasional dan sekarang memiliki perusahaan di Kota Surabaya dengan karyawan tetap 5 orang. Tahun pertama hingga kedua masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti lomba karya tulis bersama tim Mezon Feed yang fokus pada penelitian pakan ikan untuk membantu petani ikan dan menjuarai beberapa even tingkat nasional Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusai bagi pembaca. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email : amrul.asofa@gmail.com

"Halaman ini sengaja dikosongkan"