



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – SF 141501

**KARAKTERISASI TERMOMEKANIK PLASTIK
BIODEGREDALE DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG
MENGUNAKAN *DYNAMIC MECHANICAL ANALYZER*
(DMA)**

**Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP 0111124000048**

**Dosen Pembimbing
Dr. Mashuri M,Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR – SF 141501

**KARAKTERISASI TERMOMEKANIK PLASTIK
BIODEGREDALE DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG
MENGUNAKAN *DYNAMIC MECHANICAL
ANALYZER (DMA)***

**Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP 0111124000048**

**Dosen Pembimbing
Dr. Mashuri M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF 141501

**THERMOMECHANIC CHARACTERIZATION
OF BIODEGREADABLE PLASTIC FROM WASTE
OF CORN COB USING DYNAMIC
MECHANICAL ANALYZER (DMA)**

**Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP 0111124000048**

**Advisor
Dr. Mashuri M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Natural Sciences
Tenth Nopember of Technology Institute
Surabaya 2017**

**KARAKTERISASI TERMOMEKANIK PLASTIK
BIODEGREDABLE DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG
MENGUNAKAN *DYNAMIC MECHANICAL ANALYZER*
(DMA)**

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:

Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP 0111124000048

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir



(.....)

Dr. Mashuri, M.Si.

NIP. 19691216.1994.02.100.1



Surabaya, 28 Desember 2017

**KARAKTERISASI TERMOMEKANIK PLASTIK
BIODEGREDEABLE DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG
MENGUNAKAN *DYNAMIC MECHANICAL ANALYZER*
(DMA)**

Nama : Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP : 01111240000048
Departemen : Fisika, FIA-ITS
Pembimbing : Dr. Mashuri, M.Si

Abstrak

Bahan dasar film plastik biodegradable ini adalah pati, gliserol dan alpha selulosa dari limbah tongkol jagung. Terdapat lima sampel pada penelitian ini yaitu TS,S5,S30,S50 dan Pembeding. Gugus fungsi pada film plastic biodegradable dapat diketahui melalui analisa menggunakan fourier transform infra red (FTIR). Puncak spektra yang dihasilkan dicocokkan dengan referensi yang ada. Pada sampel TS dan S30 penambahan alpha selulosa tidak berpengaruh terhadap perubahan gugus fungsi. Sampel dengan penambahan alpha selulosa sampel mengalami pergeseran nilai bilangan gelombang namun masih dalam rentang wilayah yang sama. Untuk pengujian mekanik menggunakan Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) terhadap temperatur dan diketahui transisi dari rigid ke bentuk liquid pada sampel berkisar antara rentang suhu 43 °C-60 °C melting temperature terendah adalah 46 °C pada sampel TS dan tertinggi adalah 71 °C pada sampel S50 sementara 67 °C pada sampel pembeding. penambahan alpha selulosa terbukti mampu meningkatkan sifat termomekanik film plastic biodegradable.

Kata kunci : *film plastik biodegradable, tongkol jagung, alpha selulosa.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**TERMOMECHANIC CHARACTERIZATION OF
BIODEGREDALE PLASTIC FROM WASTE OF CORN
COB USING DYNAMIC MECHANICAL ANALYZER
(DMA)**

Name : Moch. Fabet Ali Thoufan
NRP : 0111124000048
Department : Physics, FIA-ITS
Advisor : Dr. Mashuri, M.Si

Abstract

The basic materials of this biodegradable plastic film are starch, glycerol and alpha cellulose from corncob waste. There are five sample in this research that is TS, S5, S30, S50 and Comparator. The functional groups in biodegradable plastic films can be known through analysis using fourier transform infra red (FTIR). The peak of the resulting spectra is matched with the existing reference. In TS and S30 samples the addition of cellulose alpha did not affect the functional group changes. Samples with the addition of alpha cellulose samples experienced a shift in the value of wave numbers but still within the same range of region. For mechanical testing using dynamic mechanical analyzer (DMA) against temperature and it is known that transition from rigid to liquid form in the sample ranges from temperature 43 °C-60 °C the lowest melting temperature was 46 °C in the TS sample and the highest was 71 °C in the S50 sample while 67°C in the comparison sample. As well as the addition of cellulosic alpha proven to improve the mechanical properties of biodegradable plastic film.

Key word : corn cobs, alpha cellulose, film plastic biodegradable.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Tidak lupa Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana di jurusan Fisika FIA ITS dengan judul :

“Karakterisasi Termomekanik Plastik *Biodegradable* Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Uji *Dynamic Mechanical Analysis* (DMA).”

Tulisan ini diharapkan dapat membantu mahasiswa maupun warga Indonesia lainnya yang akan terjun ke dalam riset mengenai korosi. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak H. Nur Roziq dan Ibu Hj. Unit Syafaati S,pd. yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis, terutama doa restunya.
2. Saudara kandung penulis, Ahmad Hanafi, yang sudah menemani dan menghabiskan waktu senggang selama proses pengerjaan Tugas Akhir
3. Bapak Dr. Mashuri, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, memberikan bimbingan, wawasan, dan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Gontjang Prajitno sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M.Si, Selaku Ketua Departemen Fisika ITS, yang memberikan fasilitas terbaik bagi para mahasiswa Fisika ITS.

6. Mas Slamet, Mas Mufid, yang sudah memberikan tempat untuk pengerjaan Tugas Akhir. Tidak lupa teman-teman Laboratorium Spektroskopi lainnya.
7. Mbak Aini, yang telah meluangkan waktunya untuk menguji sampel saya pada uji DMA serta Handoko, Alif, Aqor yang membantu pelaksanaan pengujian ini.
8. Dewa, Akmal, Anis, yang telah memberikan pemahaman dan pengetahuan terkait material.
9. Laboratorium FTIR jurusan material metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah menguji sampel untuk FTIR.
10. Ikha dan Dhea atas ketersediaannya material.
11. Alan yang menyediakan tempat tidur ketika tidak pulang.
12. Kepada keluarga Fisika ITS 2012, 2010, 2011, 2013, 2014 dan 2015 yang telah menemani perjalanan penulis selama menjalani studi di Fisika FIA ITS.
13. Keluarga GP. Ansor Ranting Sarirogo, yang telah menyemangati untuk segera lulus.
14. Cak Krewol (Warkop Krewool), Zeffi (Omah Kopi), sebagai tempat cari inspirasi.
15. Dan pihak yang lain yang telah membantu tak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Desember 2017

Penulis
Fabetali7@gmail.com

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 <i>Plasticizer</i>	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 <i>milling</i> 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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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)

Jagung merupakan salah satu hasil pertanian unggulan di Indonesia. Data dari BPS (Badan Pusat Statistik) menunjukkan produktivitas jagung meningkat setiap tahunnya. Produktivitas jagung di tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton. Dan pada tahun 2013 produksi jagung mencapai 18,51 juta ton, artinya pada tahun 2013 produksi jagung meningkat 3,3% dari tahun 2011. Hasil panen jagung terdiri dari 60-70% berupa jagung pipilan dan 30-40% sisanya limbah berupa tongkol jagung (Susilowati, 2011). Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia. Limbah

lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi produk yang lebih bermanfaat. Salah satunya adalah selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*.

Dari data tersebut dilaksanakan penelitian ini dan penulis berharap agar penelitian yang berjudul “Karakterisasi Film Plastik Biodegradable Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan *Dynamic Mechanical Analysis* (DMA)” ini dapat menjadi acuan tentang pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan pembuat plastik *biodegradable*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana gugus fungsi dari film plastik *biodegradable* dan Plastik pembanding?
2. Bagaimana pengaruh terhadap temperatur pada penambahan selulosa dalam pembuatan plastik *biodegradable*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan dasar yang digunakan ialah pati tapioka.
2. Jenis *Plasticizer* yang digunakan ialah gliserol dan alpha selulosa berasal dari tongkol jagung.
3. Variasi sampel antara lain 0%,5%,30%,50%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui gugus fungsi dari film plastik *biodegradable*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan selulosa pada plastik *biodegradable* terhadap temperatur.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk peneliti, pembaca, laboratorium, industri dalam memberi wawasan bahwa bahan-bahan yang dianggap limbah seperti tongkol jagung dapat digunakan dan dieksploitasi manfaatnya diantaranya sebagai bahan pembuat plastik *biodegradable*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu : Bab 1: Pendahuluan berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

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.

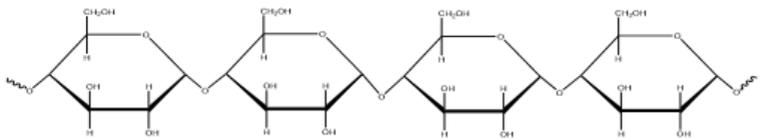
Amilosa merupakan bagian polimer linier dengan ikatan α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa. Derajat polimerisasi amilosa berkisar antara 500–6.000 unit glukosa, bergantung pada sumber materialnya. Amilopektin merupakan polimer α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa dengan rantai samping α -(1 \rightarrow 6) 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 $10^5 - 3 \times 10^6$ unit glukosa (Jacobs dan Delcour 1998).

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

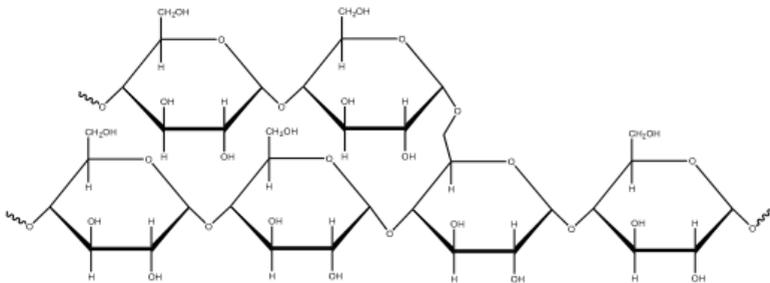
Sumber pati	Amilase(%)	Amilopektin(%)
Jagung	26,5 \pm 0,7	72,7 \pm 1,8
Beras	21,2 \pm 0,9	79,1 \pm 1,6
Gandum	28,8 \pm 1,4	71,6 \pm 1,2
Tapioka	19,7 \pm 1,1	81,1 \pm 1,9

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)



(a)



(b)

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.

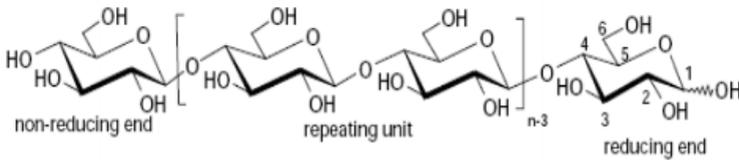
Penelitian tentang pati sebagai bahan baku plastik telah dilakukan mulai dari penggunaan pati alami, pati termodifikasi, dan pati termoplastis untuk ditambahkan baik pada *biodegradable plastic* dan *non-biodegradable plastic*. Pemilihan proses atas pati didasarkan pada produk akhir yang ingin dicapai. 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 Beta 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 Beta, namun Dpnya kurang dari 15 (Klemm, 1998).

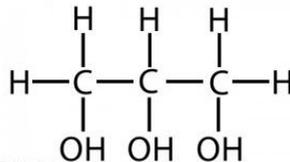
2.6 Plasticizer

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 berat 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 berat 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 berat 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 asorbsi 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 $14.000-4.000\text{ cm}^{-1}$, daerah IR menengah antara $4000-400\text{ cm}^{-1}$ dan daerah IR jauh antara $400-10\text{ cm}^{-1}$.

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).

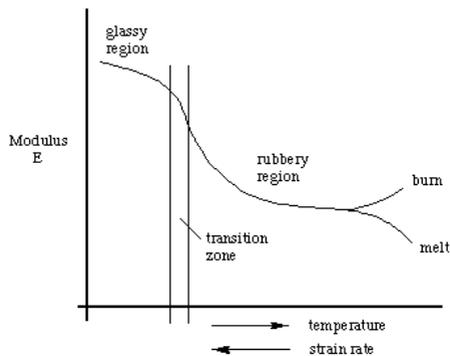
2.8 Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)

Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) adalah salah satu uji 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. 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.

2.9 Transisi Polimer

Transisi suatu polimer ditentukan oleh temperatur. Perubahan dari padat (kristalin) menuju (cair) disebut Titik leleh. T_m hanya dimiliki oleh polimer kristalin. Polimer amorf memiliki transisi gelas, dimana dalam keadaan panas, *free volume* meningkat mengakibatkan polimer bersifat lunak dan dalam keadaan dingin, *free volume* sedikit mengakibatkan bersifat menyerupai *glass*. *Free volume* yaitu perbedaan volume fasa *liquid* dan nilai ekstrapolasi pada temperatur absolut nol.



Gambar 2.4 kurva modulus terhadap temperatur

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

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 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.



Gambar 3.1 Serbuk Tongkol Jagung hasil *milling*

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 refluks 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, variasi alpha selulosa tongkol jagung yang digunakan adalah alpha selulosa 5%, 30% dan 50%. 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 Metode Karakterisasi

3.3.1 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

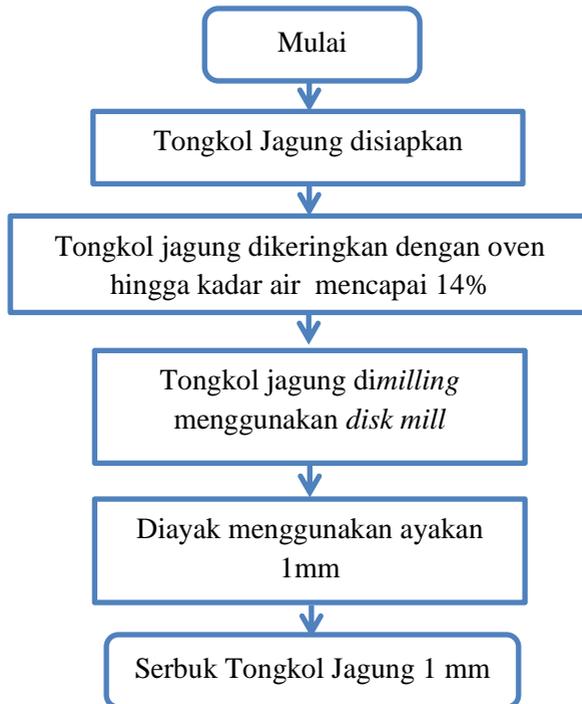
Karakterisasi film plastik *biodegradable* dengan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* sangat diperlukan. Sampel berupa film yang didapatkan setelah beberapa proses yang melalui banyak tahapan, sehingga perlu adanya konfirmasi unsur-unsur yang mungkin hilang atau terdapat pada sampel di setiap tahapannya. 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.

3.3.2 *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

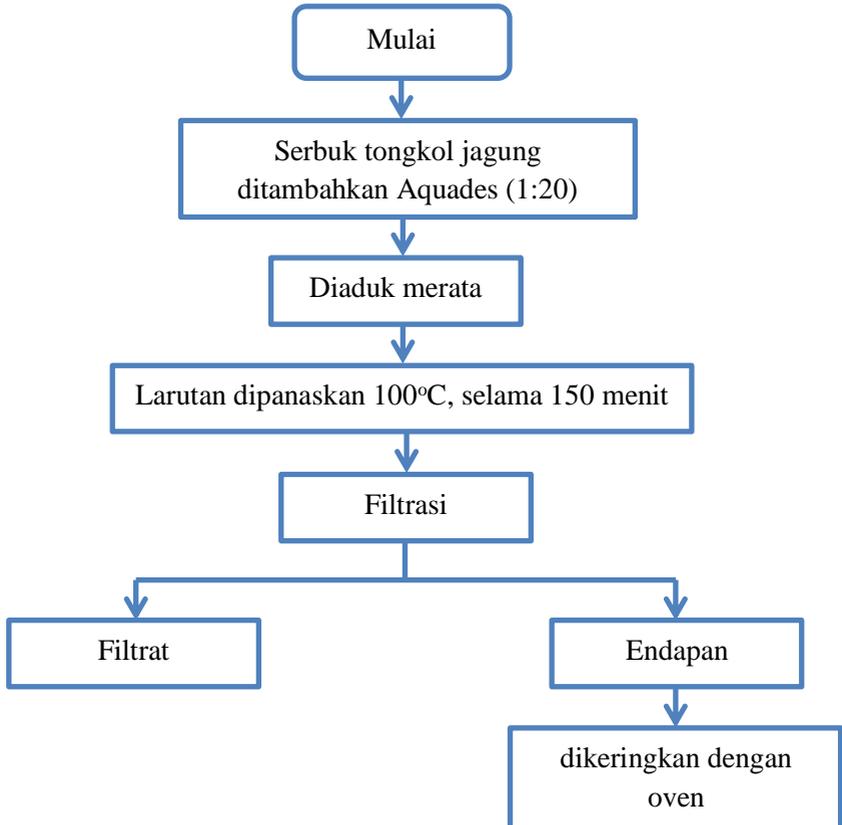
3.4.1 *Milling* Tongkol Jagung



Gambar 3.2 Diagram Alir *milling* tongkol jagung

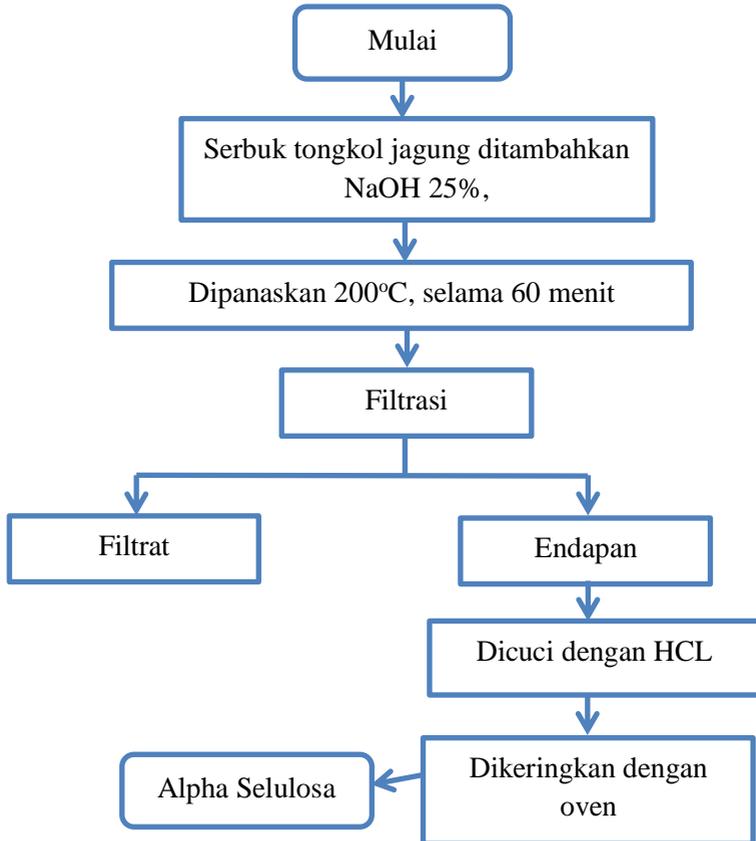
3.4.2 Ekstraksi Selulosa Tongkol Jagung

3.4.2.1 Pre-Delignifikasi



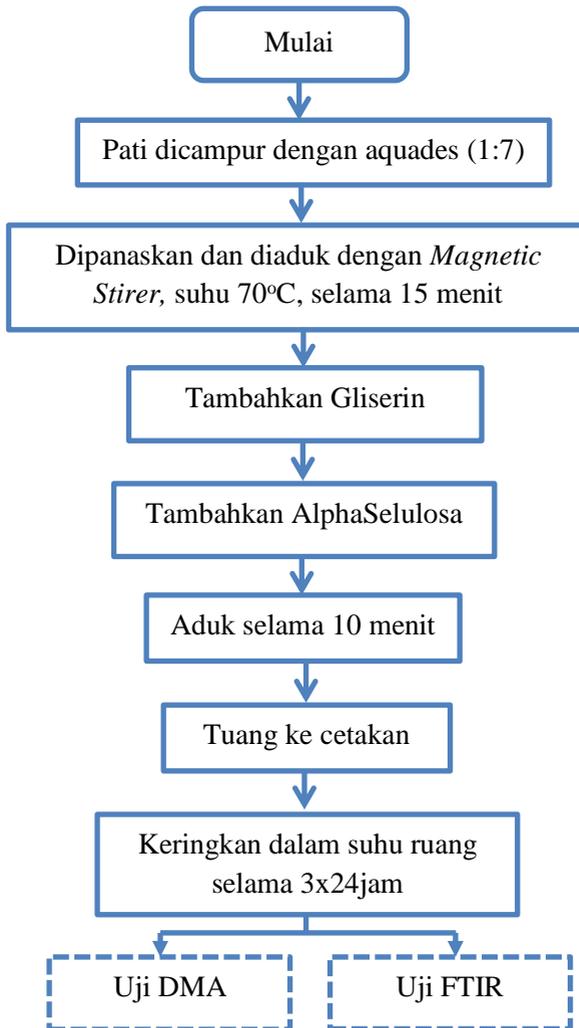
Gambar 3.3 Diagram Alir Pre-Delignifikasi

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*

Ada 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°C 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°C 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 selama 15 menit dengan suhu 150°C 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 dengan perbandingan 1:7 kemudian dipanaskan dengan suhu 70°C selama 15 menit. Terjadi perubahan ketika larutan pati dipanaskan yaitu larutan pati

mengalami proses gelatinisasi. Gel yang dihasilkan berwarna bening. Setelah itu dicampurkan gliserin. Perbandingan gliserin



Gambar 4.4 proses pengeringan film plastik biodegradabel

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. Penambahan alpha selulosa dilakukan 3 variasi yaitu penambahan alpha selulosa 5%, 30%, dan 50%. Jadi ada 5 variasi sampel yang dibuat dalam penelitian ini yaitu sampel tanpa selulosa, sampel selulosa 5%, sampel selulosa 30% sampel selulosa 50% dan sampel pembanding plastik konvensional.

Tabel 4.1 perbandingan komposisi pati dengan selulosa

No	Nama Sampel	Perbandingan		
		pati	gliserin	selulosa
1.	TS	1	0,13	-
2.	S5	1	0,13	0,05
3.	S30	1	0,13	0,3
4.	S50	1	0,13	0,5

Kemudian setelah sampel dikeringkan dilakukan beberapa pengujian diantaranya *Fourier Transformation Infrared* (FTIR) yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan jenis ikatan yang terdapat pada material, dan pengujian menggunakan *dynamic mechanical analyzer* (DMA) yaitu uji mekanik untuk mengetahui sifat elastisitas dari film plastik *biodegradable*. Sebanyak tiga sampel diuji FTIR untuk mengetahui perbedaan struktur yang ada pada film plastik *biodegradable*. Sampel yang diuji ialah film plastik *biodegradable* tanpa selulosa, film plastik *biodegradable* selulosa 30% dan plastik konvensional. Uji FTIR dilakukan di laboratorium pengujian FTIR di Jurusan Teknik Material Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sedangkan pengujian DMA dilakukan pada semua variasi sampel termasuk plastik pembanding. Pengujian ini dilakukan di laboratorium fisika zat padat Departemen Fisika Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

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

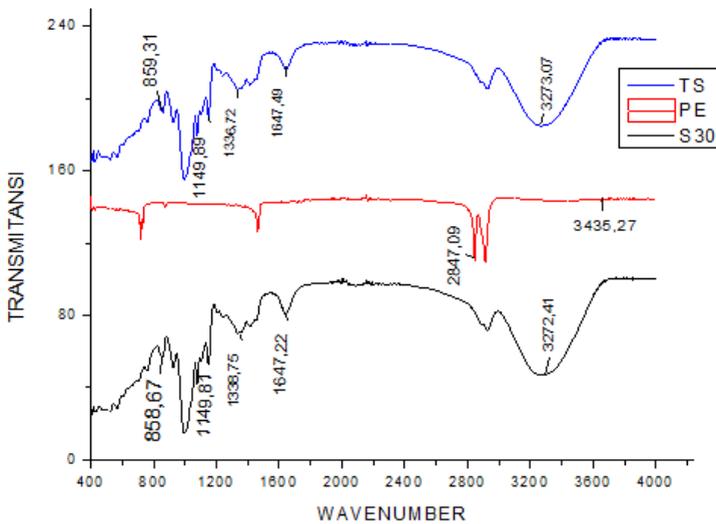
Analisa menggunakan *Fourier Transformation Infrared* (FTIR) ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dan jenis ikatan kimia yang terdapat pada suatu material. Setiap ikatan yang terbentuk oleh suatu material memiliki vibrasi dengan

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 tiga sampel eksperimen yaitu sampel film plastic *biodegradable* tanpa selulosa yang pada penelitian ini disebut TS, sampel film plastic *biodegradable* selulosa 30% atau S30 dan sampel yang terakhir ialah plastik konvensional (PE).

Hasil dari pengujian FTIR dapat dilihat pada grafik yang tertera. Dimana tiga sampel yaitu TS, S30 dan PE. Sampel TS ditandai dengan grafik FTIR berwarna biru, sampel PE ditandai

dengan warna merah dan sampel S30 ditandai dengan warna hitam.



Gambar 4.5 Grafik hasil karakterisasi pengujian FTIR sampel plastik *biodegradable* dan plastik pembanding

Berdasarkan hasil FTIR ketiga 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 4.2 Perbandingan puncak *spektra* Hasil FTIR

<i>Gugus fungsi (Referensi)</i>	<i>TS</i>	<i>PE</i>	<i>S30</i>
<i>Cellulose (1170-1150,1050,1030)</i>	1149,89	-	1149,81
<i>Pectin (1680-1600,1260,955)</i>	1647,49	-	1647,22
<i>N-H stretching (3500-3310)</i>	-	3435,27	-
<i>C-H stretching (850-950)</i>	859,31	874,76	858,67
<i>O-H stretching (950-1100)</i>	995,32	-	995,65

Hasil FTIR sampel TS dan S30 menunjukkan bahwa keduanya memiliki gugus fungsi yang sama. Hal tersebut ditunjukkan pada puncak *spektra* 1149,89 pada TS dan 1149,81 pada S30 yang artinya kedua material mengandung selulosa yang mempunyai referensi bilangan gelombang 1150. Tentunya dari sampel TS tidak terkandung selulosa dari limbah tongkol jagung namun selulosa tersebut diperkirakan terkandung dari bahan dasar pati. Sedangkan pada sampel PE tidak terjadi puncak *spektra* pada rentang gelombang tersebut. Selanjutnya terdapat puncak *spektra* pada bilangan gelombang 1647,49 pada TS dan 1647,22 pada S30 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. Kemudian terdapat ikatan *N-H stretching* pada PE yang ditunjukkan pada puncak bilangan gelombang

3435,27 sedang di sampel TS dan S30 tidak ada. Pada gugus fungsi C-H *stretch* pada ketiga sampel TS, PE, S30 masing masing ditunjukkan pada bilangan gelombang 859.31, 874.76, 858,67. Pada gugus fungsi O-H *stretching* terdapat pada sampel TS dan S30 yaitu ditunjukkan pada bilangan 995,32 dan 995,65.

Dapat dilihat karakterisasi dari sampel TS dan S30 memiliki nilai bilangan gelombang yang hampir sama TS hanya mengalami pergeseran dengan nilai sedikit ketika dibandingkan dengan S30. Artinya kandungan dari kedua bahan tidak berbeda jauh karena penyusun kedua sampel film berbahan dasar sama yaitu pati hanya mengalami sedikit pergeseran nilai ketika ditambahkan alpha selulosa. Sedangkan perbedaan sangat jelas pada plastik pembanding dimana tidak teridentifikasi bahwa plastik pembanding mengandung senyawa organik. Kemudian untuk mengetahui sifat mekanik dari seluruh sampel film plastik *biodegradable* beserta plastik pembanding maka dilakukan uji mekanik yaitu uji DMA.

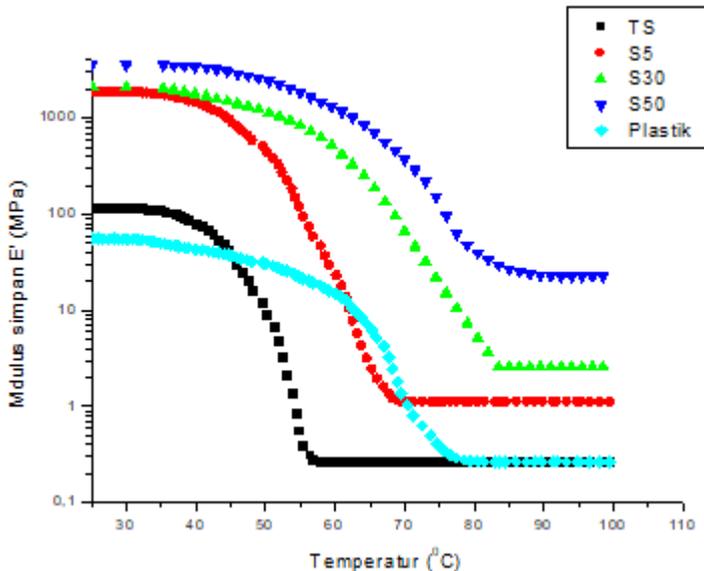
4.3 Uji termomekanik film plastic menggunakan *Dynamic mechanical analyzer* (DMA)

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 *bending* atau *tension*. Data yang didapat dari uji DMA ini adalah modulus simpan (E') terhadap temperatur.

Sampel film plastik *biodegradable* beserta pembanding dipotong masing-masing dengan ukuran 2x0,5 cm untuk keperluan pengujian. Ketebalan film plastik *biodegradable* adalah 0,2 mm. Pengujian DMA kali ini menggunakan teknik sapuan suhu. Dari hasil uji DMA data yang didapatkan adalah modulus elastis dari film plastik *biodegradable* dan pembanding serta ketahanan sampel terhadap sapuan suhu.



Gambar 4.6 Sampel yang diuji, dari kiri film plastik TS, S5, S30, S50 dan PE.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji mekanik DMA

Pada gambar 4.7 menggambarkan grafik hubungan antara modulus simpan terhadap temperatur pada sampel yang diuji. Modulus simpan (E') menunjukkan tingkat kekakuan pada material. Lima sampel yang diuji ialah sampel TS yang berarti tanpa selulosa, S5 selulosa 5%, S30 selulosa 30%, S50 selulosa 50%, dan PE atau plastic konvensional. Dapat dilihat dari gambar 4.7 plot modulus simpan terhadap temperatur memperlihatkan bahwa semakin bertambahnya komposisi pengisi (*filler*) dalam penelitian ini yaitu selulosa maka nilai modulus simpan semakin tinggi. terlihat nilai modulus simpan paling tinggi berada pada grafik berwarna biru tua yang dimiliki oleh sampel S50 sebesar 3598,84494 MPa, kemudian sampel S30 yang ditandai grafik berwarna hijau dengan nilai modulus simpannya sebesar 2130,1893 MPa, Sampel S5 ditandai oleh grafik merah memiliki

nilai modulus simpan sebesar 1862,65182 MPa, kemudian sampel TS ditandai oleh grafik berwarna hitam memiliki nilai modulus simpannya sebesar 117,3965 MPa, dan yang terakhir pada sampel pembandingan yaitu PE memiliki nilai modulus simpan sebesar 55,31048 MPa. Dari data ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sampel eksperimen jika dibandingkan dengan sampel pembandingan nilai modulus simpan dari sampel eksperimen lebih tinggi pun dengan sampel tanpa penambahan selulosa. Dan penambahan selulosa berpengaruh terhadap nilai modulus simpan E' film plastik *biodegradable*, semakin tinggi kandungan alpha selulosa pada plastik maka semakin tinggi pula nilai modulus simpannya.

Tabel 4.3 Nilai Modulus Simpan pada sampel

No.	Variasi	Modulus Simpan (MPa)
1.	TS	117,3965
2.	S5	1862,65182
3.	S30	2130,1839
4.	S50	3598,84494
5.	PE	55,31048

Kemudian jika ditelaah pada gambar 4.7 grafik hasil uji DMA kelima 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 rentang suhu 45°C - 80°C. Setelah nilai modulus simpan menurun seiring meningkatnya suhu, kurva modulus simpan mengalami nilai yang konstan.

Tabel 4.4 Nilai Tm pada sampel uji DMA

no	Variasi	Tm (°C)
1	TS	46
2	S5	55
3	S30	68
4	S50	71
5	PE	67

Kurva modulus simpan konstan terjadi karena material yang diuji telah leleh. Dilihat pada gambar 4.7 sampel TS pada suhu 40°C nilai modulus simpan mulai menurun dan kurva kembali konstan saat berada pada suhu 58,5°C. Nilai Tm ditunjukkan pada grafik yang mengalami penurunan nilai modulus simpan. 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). Penentuan nilai Tm menggunakan metode *mid point*. Seiring bertambahnya alpha selulosa pada plastik *biodegradable* maka nilai Tm juga semakin meningkat. Ini mengindikasikan bahwa penambahan alphaselulosa pada plastik *biodegradable* berpengaruh terhadap nilai melting temperaturnya. Karakter alphaselulosa yang keras dan tidak mudah larut berperan dalam meningkatkan ketahanan plastik terhadap temperatur. Semakin banyak kandungan alphaselulosa pada plastik maka semakin getas. Lalu pada sampel S5 menunjukkan kenaikan *melting temperature*, grafik menunjukkan sampel S5 menurun pada suhu kisaran 43°C dan leleh saat berada pada suhu 69,5°C. Kenaikan nilai melting temperature juga dialami pada sampel S30 dan S50. Artinya penambahan alpha selulosa pada film plastik

biodegradable juga efektif dalam meningkatkan nilai ketahanan film plastik *biodegradable* itu sendiri terhadap temperatur. Sedangkan pada sampel pembandingan, sampel PE mengalami penurunan drastis nilai modulus simpan pada suhu 60°C dan leleh pada suhu 80,5°C. Jika dibandingkan nilai Tm pada sampel S30 dan S50 lebih tinggi dari sampel pembandingan yaitu masing masing 68°C, 71°C, dan 67 °C sedangkan pada sampel TS dan S5 lebih rendah dari sampel pembandingan yaitu 46°C, 55°C.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang berjudul “Karakterisasi Termomekanik Plastik *Biodegradable* Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan *Dynamic Mechanical Analyzer* (DMA)” didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Gugus fungsi dari plastik *biodegradable* tidak mengalami perubahan ketika alpha selulosa ditambahkan. Sampel TS dan S30 terlihat memiliki rentang bilangan gelombang yang sama pada puncak spektra masing-masing sampel. Sedangkan pada sampel pembanding tidak terdapat kandungan selulosa ataupun pektin.
2. Transisi dari *rigid* ke bentuk *liquid* pada sampel berkisar antara rentang suhu 43°C-60°C. *melting temperature* terendah adalah 46°C pada sampel TS dan tertinggi adalah 71°C pada sampel S50 sementara 67°C pada sampel pembanding. penambahan alpha selulosa terbukti mampu meningkatkan sifat termomekanik film plastik *biodegradable*.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan plastik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, serta dilakukan pembandingan terhadap plastik konvensional. Penambahan bahan-bahan lain untuk menambah kualitas plastik *biodegradable* juga sangat disarankan demi pengembangan kedepannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

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 Pemlastik 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 Biomassa 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 Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran”, Skripsi UGM.
- Stevens, M, 2001, “Kimia Polimer”, Alih Bahasa : Lis Sopyan, Pradya 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.

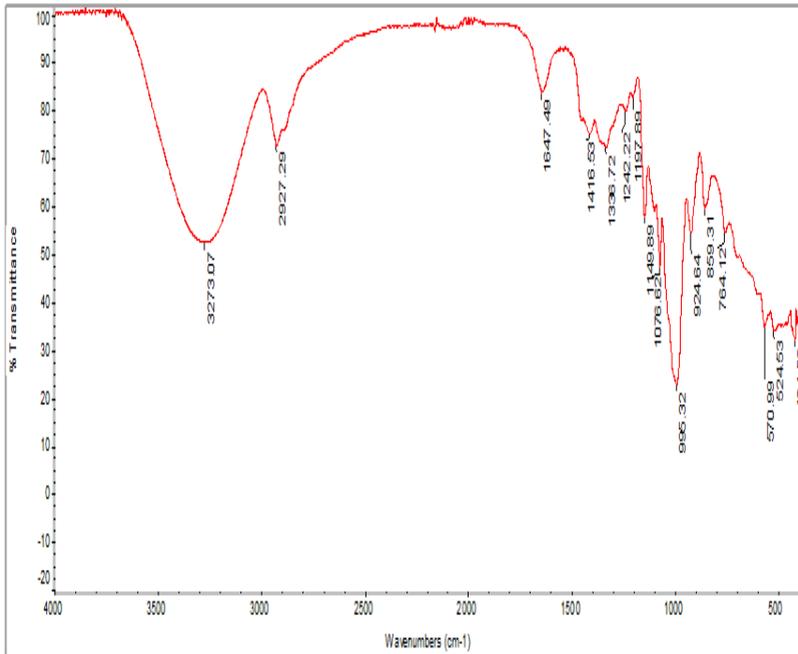
- Winarno, F. G. 1988. "Teknologi Pengolahan Jagung. Di dalam: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (ed) Jagung". Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Yusmarlela, 2009, "Studi Pemanfaatan Plasticizer Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu", Sekolah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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

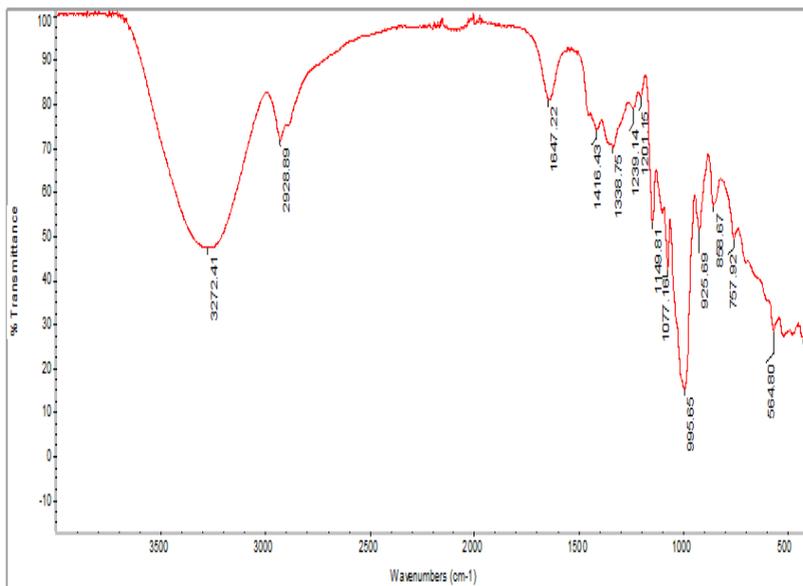
Lampiran

Hasil Uji *Fourier Transformation InfraRed (FTIR)*

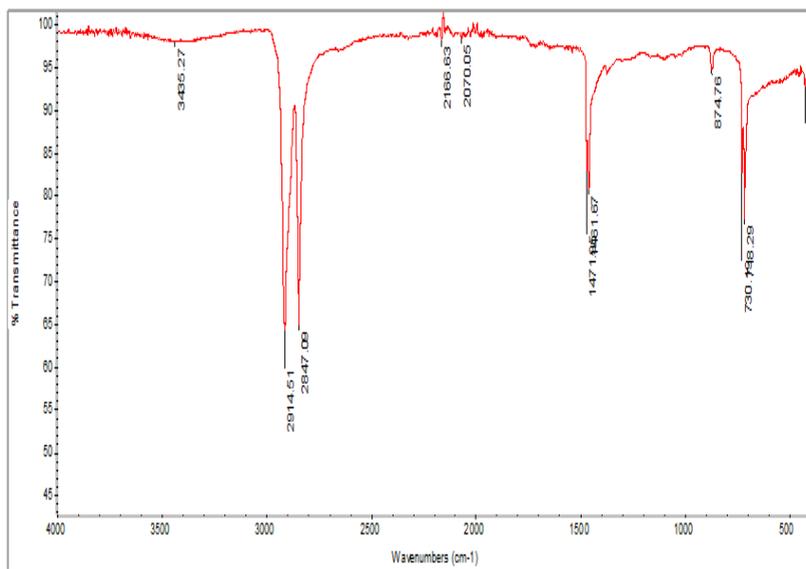
A. Hasil FTIR sampel TS



Gambar 1. Grafik wafenumber uji FTIR sampel TS



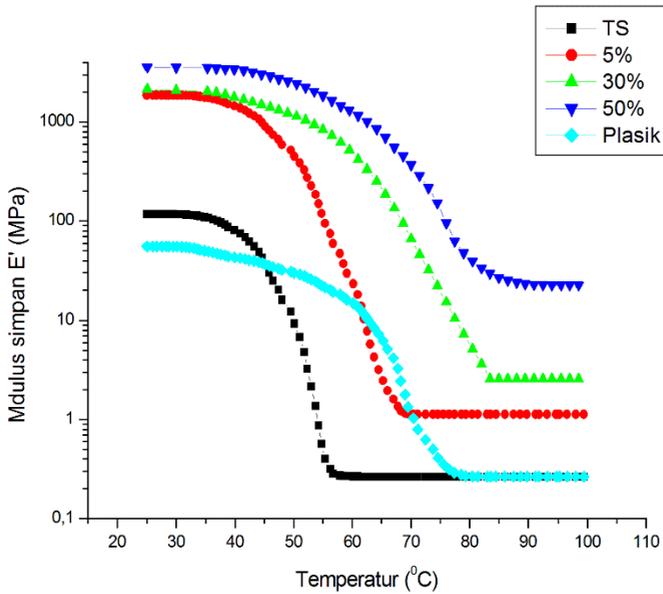
Gambar 2. Grafik hasil uji FTIR sampel S30



Gambar 3. Grafik hasil uji FTIR sampel PE

LAMPIRAN B
Hasil *Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)*

B. Hasil *Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)*



Gambar 1. Grafik perbandingan modulus simpan 5 sampel plastic terhadap temperature.

	A(X1)	B(Y1)	C(X2)	D(Y2)	E(X3)	F(Y3)	I(X4)	G(Y4)	H(X5)	J(Y5)
1	25,0833	117,3965	25,08	1862,6518	25,083	2130,1839	25,083	3598,8449	25,0833	55,31048
2	26	117,34909	26	1865,3033	30	2083,7003	30	3567,3582	26	55,3432
3	26,6667	117,31353	26,67	1867,1634	35,333	2029,5569	35,333	3531,4082	26,6667	55,27073
4	27,5	117,28587	27,5	1868,5614	36,833	1975,7442	36,833	3492,1336	27,5	55,30256
5	28,25	117,24191	28,25	1868,6378	38,333	1878,4379	38,333	3451,6693	28,25	55,33227
6	28,75	117,16659	28,75	1868,1459	39,833	1779,7585	39,833	3410,0673	28,75	55,36006
7	29,5	116,95895	29,5	1867,5984	41,5	1677,9365	41,5	3338,8274	29,5	55,29612
8	30,1667	116,76138	30,17	1866,4266	43	1587,4906	43	3196,6281	30,1667	55,15098
9	30,9167	116,36352	30,92	1864,0066	44,5	1494,0476	44,5	3051,1163	30,9167	54,91754
10	31,6667	115,91304	31,67	1859,2362	46	1406,5445	46	2901,4162	31,6667	54,56041
11	32,25	115,28343	32,25	1851,5888	47,5	1319,5079	47,5	2747,8958	32,25	53,9947
12	33	114,42064	33	1838,7266	49	1229,5542	49	2590,2309	33	53,15571
13	33,5833	113,26148	33,58	1822,9740	50,5	1136,9993	50,5	2431,8026	33,5833	52,17907
14	34,0833	111,73509	34,08	1803,0620	52	1040,8320	52	2236,2125	34,0833	51,15879
15	34,8333	109,76741	34,83	1778,7354	53,5	941,43065	53,5	2040,2849	34,8333	50,1125
16	35,5	107,30426	35,5	1750,2044	55	835,72649	55	1843,2053	35,5	49,05571
17	36,25	104,30113	36,25	1716,8653	56,5	728,26766	56,5	1645,5622	36,25	48,00166
18	37	100,72478	37	1677,9519	58	622,73338	58	1447,7119	37	46,96118
19	37,5833	96,57659	37,5833	1633,8174	59,5	519,61461	59,5	1314,2446	37,5833	45,94267
20	38,3333	91,87677	38,3333	1579,2803	61	417,9736	61	1164,9097	38,3333	44,95228
21	38,8333	86,66257	38,8333	1518,8734	62,5	330,19155	62,5	1005,6903	38,8333	43,99404
22	39,9167	80,9869	39,9167	1453,4135	64,167	251,36783	64,167	848,84029	39,9167	43,07013
23	40,9167	74,92194	40,9167	1383,1822	65,667	186,86975	65,667	698,33497	40,9167	42,18121
24	41,75	68,55548	41,75	1308,7613	67,167	135,58609	67,167	555,63742	41,75	41,32688
25	42,4167	61,98962	42,4167	1231,3955	68,667	95,48156	68,667	457,80615	42,4167	40,50602
26	43,25	55,33922	43,25	1152,3399	70	65,87217	70	368,65413	43,25	39,71712
27	44,0833	48,73035	44,0833	1071,3897	71,5	48,05347	71,5	288,24992	44,0833	38,62057
28	44,6667	42,28935	44,6667	989,17186	73	32,12364	73	216,47983	44,6667	37,52398
29	45,1667	36,1383	45,1667	906,48106	74,5	22,06113	74,5	152,57946	45,1667	36,42737
30	45,8333	30,36929	45,8333	824,078	76	15,16835	76	95,65037	45,8333	35,33074
31	46,5	25,06129	46,5	743,32199	77,5	10,50261	77,5	62,62846	46,5	34,23411
32	47,4167	20,27309	47,4167	665,11465	79	7,28744	79	47,80828	47,4167	33,13747
33	48	16,04337	48	589,84836	80,5	5,14784	80,5	39,36123	48	32,04084
34	49,5833	12,38816	49,5833	517,91069	82	3,62874	82	33,60595	49,5833	30,9442
35	50,0833	9,30715	50,0833	450,18792	83,5	2,56408	83,5	29,65237	50,0833	29,90403
36	51,0833	6,78398	51,0833	386,9788	85	2,56408	85	26,96514	51,0833	28,91891
37	51,8333	4,78587	51,8333	328,23837	86,5	2,56408	86,5	25,19268	51,8333	27,82227
38	52,3333	3,26087	52,3333	274,63021	88	2,56408	88	24,04684	52,3333	26,72564
39	53	2,1468	53	226,96645	89,5	2,56408	89,5	23,32515	53	25,68547
40	53,75	1,37483	53,75	184,88816	91	2,56408	91	22,89575	53,75	24,58883
41	54,25	0,87341	54,25	149,32957	92,5	2,56408	92,5	22,67055	54,25	23,4922
42	54,75	0,57009	54,75	119,60144	94	2,56408	94	22,56408	54,75	22,45203
43	55,3333	0,40213	55,3333	94,9076	95,5	2,56408	95,5	22,56408	55,3333	21,35539
44	56,25	0,31902	56,25	74,98012	97	2,56408	97	22,56408	56,25	20,25875
45	56,75	0,28387	56,75	59,47915	98,5	2,56408	98,5	22,56408	56,75	19,21858
46	57,9167	0,27237	57,9167	47,05409	--	--	--	--	57,9167	18,12195
47	58,5	0,26969	58,5	37,12976	--	--	--	--	58,5	17,02531
48	59,0833	0,26776	59,0833	29,52594	--	--	--	--	59,0833	15,98514
49	60,1667	0,2665	60,1667	23,28151	--	--	--	--	60,1667	14,8885
50	60,9167	0,26579	60,9167	18,09742	--	--	--	--	60,9167	13,79187
51	61,5	0,26547	61,5	13,86646	--	--	--	--	61,5	12,7517
52	62	0,26536	62	10,45748	--	--	--	--	62	11,65506
53	62,5	0,26534	62,5	7,83115	--	--	--	--	62,5	10,55842
54	63,0833	0,26534	63,0833	5,8008	--	--	--	--	63,0833	9,51825
55	63,75	0,26534	63,75	4,2846	--	--	--	--	63,75	8,42162
56	64,5	0,26534	64,5	3,18906	--	--	--	--	64,5	7,32498
57	65,25	0,26534	65,25	2,47065	--	--	--	--	65,25	6,22835
58	66	0,26534	66	1,96423	--	--	--	--	66	5,18818
59	67	0,26534	67	1,60976	--	--	--	--	67	4,20306
60	67,75	0,26534	67,75	1,36138	--	--	--	--	67,75	3,28249
61	68,25	0,26534	68,25	1,2249	--	--	--	--	68,25	2,45597
62	69	0,26534	69	1,16172	--	--	--	--	69	1,79068
63	69,5	0,26534	69,5	1,1379	--	--	--	--	69,5	1,34584
64	70,4167	0,26534	70,4167	1,13268	--	--	--	--	70,4167	1,03647
65	71,1667	0,26534	71,1667	1,13268	--	--	--	--	71,1667	0,79877
66	72,5	0,26534	72,5	1,13307	--	--	--	--	72,5	0,6286

	A(X1)	B(Y1)	C(X2)	D(Y2)	E(X3)	F(Y3)	I(X4)	G(Y4)	H(X5)	J(Y5)
67	73,75	0,26534	73,75	1,13339	--	--			73,75	0,50298
68	74,5833	0,26534	74,5833	1,13358	--	--			74,5833	0,41375
69	75,5833	0,26534	75,5833	1,13372	--	--			75,5833	0,35318
70	76,5	0,26534	76,5	1,13382	--	--			76,5	0,31419
71	77,4167	0,26534	77,4167	1,13394	--	--			77,4167	0,29062
72	78,5833	0,26534	78,5833	1,13402	--	--			78,5833	0,27737
73	79,3333	0,26534	79,3333	1,13405	--	--			79,3333	0,27056
74	80,5	0,26534	80,5	1,13401	--	--			80,5	0,26743
75	81,4167	0,26534	81,4167	1,13398	--	--			81,4167	0,26617
76	83	0,26534	83	1,13395	--	--			83	0,26573
77	83,5833	0,26534	83,5833	1,13399	--	--			83,5833	0,26556
78	84,5	0,26534	84,5	1,13402	--	--			84,5	0,26545
79	86	0,26534	86	1,13405	--	--			86	0,26539
80	87,5	0,26534	87,5	1,13401	--	--			87,5	0,26536
81	88,6667	0,26534	88,6667	1,134	--	--			88,6667	0,26534
82	89,75	0,26534	89,75	1,134	--	--			89,75	0,26534
83	91,25	0,26534	91,25	1,134	--	--			91,25	0,26534
84	91,8333	0,26534	91,8333	1,13403	--	--			91,8333	0,26534
85	93,25	0,26534	93,25	1,13406	--	--			93,25	0,26534
86	94,75	0,26534	94,75	1,13402	--	--			94,75	0,26534
87	95,25	0,26534	95,25	1,13401	--	--			95,25	0,26534
88	96,5	0,26534	96,5	1,13399	--	--			96,5	0,26534
89	98	0,26534	98	1,134	--	--			98	0,26534
90	99,4167	0,26534	99,4167	1,13404	--	--			99,4167	0,26534

Gambar 2. Data hasil uji DMA 5 sampel, y = temperature x = modulus simpan, dari kiri sampel TS, S5, S30, S50, PE.

BIODATA PENULIS



Moch. Fabet Ali Thoufan, lahir di Sidoarjo 13 Januari 1994. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Nur Roziq dan Unit Syafaati. Penulis menempuh pendidikan formal Sekolah dasar di MINU KH. Mukmin Sidoarjo, kemudian melanjutkan ke MTs NU Sidoarjo, lalu menempuh pendidikan SMA di SMA Negeri 3 Sidoarjo 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 UKM (unit kegiatan mahasiswa) dan PMW (program mahasiswa wirausaha). Tahun pertama hingga kedua masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti lomba karya tulis bersama tim Mezon Feed dan menjuarai beberapa even tingkat nasional serta aktif di UKM Cinta Rebana ITS. Pada tahun ketiga penulis menjadi ketua department Minat dan Bakat Himasika ITS. Hingga saat ini, penulis memiliki minat utama di tiga bidang, yaitu olahraga, seni, dan bisnis. Alhamdulillah, Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusai bagi pembaca. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email : fabetali7@gmail.com