

PENGARUH PENAMBAHAN PEMLASTIS DALAM PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI KULIT PISANG

Diajukan kepada Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains Kimia



Oleh:

SHOLEH AGUNG NUGROHO

07307144013

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2013

PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi ini Telah Memenuhi Persyaratan
Dan Siap untuk Diuji

Disetujui pada Tanggal

23 Juli 2013

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

(C. Budimarwanti, M.Si)
NIP. 196603301990022001

(Dr. Eli Rohaeti)
NIP. 196912291999032001

Koordinator Tugas Akhir Skripsi
Program Studi Kimia

(Prof. Dr. Endang Widjajanti, LFX)
NIP. 19621203 198601 2 001

PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN PEMLASTIS DALAM PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI AIR KULIT PISANG

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

SHOLEH AGUNG NUGROHO
07307144013

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Pada Tanggal , 21 Agustus 2013 dan dinyatakan
Telah memenuhi syarat guna memperoleh
Gelas Sarjana Sains
Bidang Kimia

Susunan Tim Penguji

	Nama Lengkap	Tanda Tangan
Ketua Penguji	: C. Budimarwanti, M.Si NIP. 196603301990022001
Sekretaris Penguji	: Dr. Eli Rohaeti NIP. 196912291999032001
Penguji Utama	: Prof. Dr. Endang Widjajanti, LFX NIP. 19621203 198601 2 001
Penguji Pendamping	: Dewi Yuanita Lestari, M.Sc NIP. 198106012005012002

Yogyakarta, 18 Oktober 2013
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan

Dr. Hartono
NIP. 196203291987021002

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Sholeh Agung Nugroho
Nomor Mahasiswa : 07307144013
Program Studi : Kimia
Fakultas : FMIPA-UNY
Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Gliserol dan Asam Oleat
dalam Pembuatan Bioplastik dari Kulit Pisang
dan Biodegradasinya

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang sudah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada universitas atau institut lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang telah dinyatakan dalam teks.

Yogyakarta, 19 Agustus 2013

Yang Menyatakan

Sholeh Agung Nugroho
NIM. 07307144013

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin, segala puji dan rasa syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT(Tuhan semesta alam,sesembahan dari golongan jin dan manusia serta alam seisinya) atas Rahmat dan Izin-NYA.

Terimakasih banyak buat Republik Indonesia yang telah memelihara kami sehingga diberi kemerdekaan untuk menyelesaikan karya kecil ini dan untuk dikerjakan sesuai keahlian masing-masing sesuai bidangnya, serta buat semua yang berada dibalik layar yang tidak bisa disebutkan satu persatu,terima kasih banyak atas bantuan yang telah diberikan (Glory Glory and we believe).

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul “ Pengaruh Penambahan Pemlastis dalam Pembuatan Bioplastik dari Kulit Pisang”.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Bapak Dr. Hari Sutrisno, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian ini.
3. Ibu Prof. Dr. Endang Widjajanti, LFX., selaku Koordinator Tugas Akhir Skripsi yang telah memberikan dukungan dan memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak Sunarto, M.Si, selaku Dosen Penasehat Akademik atas arahan dan bimbingannya.
5. Ibu C. Budimarwanti, M.Si, selaku pembimbing utama, atas bimbingan, arahan dan ilmu yang telah diberikan.
6. Ibu Dr. Eli Rohaeti, selaku pembimbing pendamping, yang tak pernah bosan memberikan motivasi dan selalu sabar dalam membimbing kami.

7. Ibu Prof. Dr. Endang Widjajanti, LFX., selaku penguji Tugas Akhir Skripsi, atas kritik dan saran yang diberikan.
8. Ibu Dewi Yuanita Lestari, M.Sc, selaku penguji Tugas Akhir Skripsi, atas kritik dan saran yang diberikan.
9. Prof. Dr. Sri Atun, selaku Kepala Laboratorium Kimia FMIPA UNY yang telah memberikan ijin melakukan penelitian di laboratorium.
10. Seluruh Laboran Kimia FMIPA UNY, yang dengan penuh kesabaran mengayomi kami di laboratorium.
11. Seluruh dosen dan karyawan prodi Kimia FMIPA UNY yang telah banyak membantu selama kuliah dan penelitian.
12. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberi balasan atas segala bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari adanya keterbatasan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman, sehingga dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, 20 Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Teori.....	7
1. Plastik	7
2. Bioplastik.....	8
3. <i>Nata de banana</i>	8
4. Gliserol	12
5. Asam Oleat	14
6. Tanah Humus	16
7. Biodegradasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	18
8. Karakterisasi Bioplastik.....	19

a. Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)..	19
b. Sifat Mekanik	20
B. Penelitian yang Relevan.....	21
C. Kerangka Berfikir.....	21
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Subjek dan Objek Penelitian	24
1. Subjek Penelitian.....	24
2. Objek Penelitian	24
B. Variabel Penelitian	24
1. Variabel Bebas	24
2. Variabel Terikat	24
C. Instrumen Penelitian.....	25
1. Alat	25
2. Bahan.....	25
D. Prosedur Penelitian	25
1. Pembuatan <i>Nata de banana</i> Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol	25
2. Pembuatan <i>Nata de banana</i> dengan Penambahan Asam Oleat	26
3. Pembuatan <i>Nata de banana</i> dengan Penambahan Asam Oleat dan Variasi Gliserol.....	26
4. Pembuatan Bioplastik <i>Nata de banana</i>	27
5. Biodegradasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	27
6. Karakterisasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	27
E. Teknik Analisis Data	28
1. Penentuan Sifat Mekanik Bioplastik <i>Nata de banana</i>	28
2. Pengurangan Massa Bioplastik <i>Nata de banana</i>	30
3. Laju Pengurangan Massa Bioplastik <i>Nata de banana</i>	30
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Karakter <i>Nata de banana</i> yang Dihasilkan	32
B. Karakter Bioplastik <i>Nata de banana</i>	33

C. Karakter Sifat Mekanik dan Gugus Fungsi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	36
D. Kemudahan Biodegradasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	45
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	49
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
DAFTAR LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Nata de banana</i> Hasil Sintesis <i>Acetobacter xylinum</i>	33
Tabel 2. Sifat Fisik Bioplastik <i>Nata de banana</i>	35
Tabel 3. Bioplastik <i>Nata de banana</i> dengan Penambahan Asam Oleat Dan Gliserol 1%, 2% dan 3%.....	35
Tabel 4. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik <i>Nata de banana</i>	39
Tabel 5. Hasil Uji FTIR Bioplastik <i>Nata de banana</i>	42
Tabel 6. Laju Pengurangan massa <i>Nata de banana</i> dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%, dan 2%.....	46
Tabel 7. Hasil Uji FTIR Bioplastik <i>Nata de banana</i> Setelah Biodegradasi .	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peruraian Sukrosa.....	9
Gambar 2. Fosforilasi Glukosa.....	10
Gambar 3. Reaksi Isomerasi Glukosa-6-Fosfat menjadi Fruktosa-6-Fosfat.	11
Gambar 4. Reaksi Pemindahan Fosfat Baru	11
Gambar 5. Reaksi Pembentukan Selulosa.....	12
Gambar 6. Reaksi Gliserolisis Lemak	13
Gambar 7. Struktur Asam Oleat	14
Gambar 8. Ikatan Hidrogen Selulosa dengan Asam Oleat	16
Gambar 9. Material Nata dalam Bentuk <i>Dumbble</i>	28
Gambar 10. Sifat Fisik <i>Nata de banana</i>	32
Gambar 11. Hasil Bioplastik <i>Nata de banana</i>	34
Gambar 12. Hasil Karakterisasi Sifat Mekanik Bioplastik <i>Nata de banana</i> dengan variasi Penambahan Asam Oleat dan Gliserol	38
Gambar 13. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik <i>Nata de Banana</i>	39
Gambar 14. SpektrumFTIR Bioplastik <i>Nata de banana</i> SebelumBiodegradasi.....	42
Gambar 15. SpektrumFTIR Bioplastik <i>Nata de bananadengan</i> Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Sebelum Biodegradasi	43
Gambar 16. Bioplastik <i>Nata de banana</i> Sebelum Terbiodegradasi	45
Gambar 17. Bioplastik <i>Nata de banana</i> Setelah Terbiodegradasi	45
Gambar 18. Kurva Biodegradasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	46
Gambar 19. Spektrum FTIR Bioplastik <i>Nata de banana</i> SetelahBiodegradasi	48
Gambar 20. Spektrum FTIR Bioplastik <i>Nata de banana</i> dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Setelah Biodegradasi.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Diagram Alur Penelitian	53
Lampiran 2. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik <i>Nata de banana</i>	56
Lampiran 3. Perhitungan Modulus <i>Young</i> Bioplastik <i>Nata de banana</i>	65
Lampiran 4. Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik <i>Nata de banana</i>	67

**PENGARUH PENAMBAHAN PEMLASTIS DALAM PEMBUATAN
BIOPLASTIK DARI KULIT PISANG
DAN BIODEGRADASINYA**

Oleh:

Sholeh Agung Nugroho
NIM. 07307144013

Pembimbing Utama : C. Budimarwanti, M.Si

Pembimbing Pendamping : Dr. Eli Rohaeti

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan asam oleat dan gliserol terhadap sifat mekanik dan gugus fungsi serta kemudahan biodegradasi bioplastik dari kulit pisang.

Penelitian ini diawali dengan membuat nata dari air sari kulit pisang yang difermentasikan oleh bakteri *Acetobacter xilynum* selama 5 hari. *Nata de banana* yang diperoleh dihilangkan kandungan airnya dengan cara dipanaskan dalam oven selama ± 30 menit pada suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan dipanaskan dengan *hot plate* selama ± 45 menit pada suhu $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kemudian Bioplastik tersebut dikarakterisasi sifat mekaniknya, bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik optimum dikarakterisasi lebih lanjut meliputi analisis gugus fungsi dengan FTIR dan kemudahan biodegradasi.

Nata de banana yang dihasilkan bertekstur kenyal, licin, dan sedikit transparan. Bioplastik *nata de banana* yang diperoleh berupa lembaran, sedikit berminyak dan transparan. Hasil uji sifat mekanik menunjukkan bahwa bioplastik *nata de banana* yang optimum adalah bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%. Bioplastik tersebut mempunyai kuat putus 4,5268 MPa, perpanjangan saat putus 7,9377% dan modulus *Young* 0,5703 MPa. Hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2% memiliki gugus fungsi hidroksil (-OH), C-H alifatik, C=O karbonil bebas, C=O karbonil berikatan hidrogen dan C-O berikatan glikosidik. Berdasarkan kemudahan biodegradasinya bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat 1,5% dan gliserol 2% lebih mudah terdegradasi daripada bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat 1,5% dan gliserol.

THE EFFECT OF PLASTIZER ADDITION TO THE PRODUCTION OF BIOPLASTIC FROM BANANA PEELS AND ITS BIODEGRADABILITY

By:

Sholeh Agung Nugroho

NIM. 07307144013

Main Consultant : C. Budimarwanti, M.Si

Assistance Consultant : Dr. Eli Rohaeti

ABSTRACT

The objective of this research were the effects of oleic acid and glycerol of bioplastic to mechanical properties, functional groups, and biodegradability of bioplastic made from banana peels.

The research begun by making *nata* of banana peels which was fermented by *Acetobacter xilynum* for 5 days. The obtained *Nata de banana* was removed water content of *nata de banana* was reduced by heating it in an oven for about 30 minutes at 100 °C and by heating in a hot plate for about 45 minutes at 120 °C. Furthermore, the mechanical properties of the bioplastic was characterized. The bioplastic of *nata de banana* which has optimum mechanical characteristics was characterized further in the analysis of functional groups by FTIR and biodegradability.

Nata de banana has chewy texture, slippery, and slightly transparent. Bioplastic of *nata de banana* is in the form of sheets, slightly oily and transparent. The results of the test of mechanical properties showed that the optimum bioplastic of *nata de banana* was a bioplastic with the addition of oleic acid 1.5% and glycerol 2%. That bioplastic had a strong break 4.5268 MPa, elongation at break 7.9377% and 0.5703 MPa Young modulus. The result of characterization with FTIR showed that bioplastic of *nata de banana* with the addition of oleic acid and glycerol 2% had hydroxyl functional groups (-OH), aliphatic C-H, C=O carbonyl-free, C=O carbonyl hydrogen bond and the glycosidic C-O bond. Based on its biodegradability, bioplastics of *nata de banana* that was made with the addition of oleic acid 1.5% and glycerol 2% was degraded than the one that was made without the addition of oleic acid 1.5% and glycerol.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi membantu manusia untuk meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran hidupnya. Banyak produk yang dapat dihasilkan seiring meningkatnya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu diantaranya adalah plastik yang begitu akrab dengan kehidupan manusia. Plastik merupakan produk teknologi yang erat dengan kehidupan manusia modern, mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan perkantoran, serta pembungkus makanan, semuanya menggunakan plastik.

Terlepas dari semua manfaat yang ada, ternyata plastik juga menimbulkan masalah baru bagi kehidupan manusia. Masalah tersebut adalah semakin meningkatnya limbah plastik sebagai hasil dari banyaknya penggunaan plastik. Sebagai akibatnya, sampah plastik menumpuk di mana-mana sehingga mencemari lingkungan, terlebih lagi sampah plastik sukar diuraikan oleh bakteri sehingga jumlahnya yang semakin banyak tidak diimbangi peruraiannya oleh bakteri.

Banyak cara telah dilakukan untuk menanggulangi masalah lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik, diantaranya dengan cara *reduce*, *reuse*, *recycle*, *burn* dan *biodegradable*. *Reduce* merupakan cara penanganan limbah dengan cara membatasi penggunaan plastik untuk mengurangi jumlah limbah yang dapat ditimbulkan. *Reuse* merupakan penanganan limbah plastik dengan cara pemakaian ulang limbah plastik tanpa merubah bentuk maupun fungsinya. *Recycle* merupakan daur ulang limbah plastik menjadi barang baru sehingga

dapat digunakan kembali. *Burn* merupakan cara penanggulangan limbah plastik dengan cara pembakaran (Rukaesih Ahmad, 2004:140). Berdasarkan keempat cara tersebut, tidak serta merta dapat mengatasi masalah limbah plastik. Cara *reuse*, *reduce*, dan *recycle* hanya mampu mengurangi jumlah limbah plastik yang dihasilkan, akan tetapi belum mampu memberikan solusi terhadap masalah yang dihadapi. Metode penanggulangan limbah plastik yang paling aman dan bersahabat terhadap lingkungan adalah metode *biodegradable* atau penguraian plastik oleh mikroorganisme yaitu bakteri (Rukaesih Ahmad, 2004:140). Metode ini dikatakan aman karena bersifat alami dan tidak menimbulkan zat baru yang dapat membahayakan lingkungan sekitar.

Melihat kebutuhan manusia terhadap plastik, sepertinya sulit untuk mengurangi apalagi sampai menghindarinya. Oleh karena itu perlu adanya terobosan baru dalam menyelesaikan masalah ini yaitu dengan diadakannya penelitian yang dapat menghasilkan plastik yang mudah terbiodegradasi sehingga aman bagi lingkungan. Untuk mewujudkannya maka langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengkaji bahan baku pembuatan plastik dari bahan alam yang mudah terbiodegradasi melalui suatu penelitian.

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat bioplastik dengan menggunakan beberapa polimer alami seperti protein, pati dan bakteri (Jerez, 2007 ; Gonzalez-Gutierrez, 2001; David Plackket, 2003).Salah satu cara pembuatan plastik dari bahan alam yang mudah terbiodegradasi adalah dengan menggunakan air kulit pisang. Air kulit pisang yang selama ini kurang dimanfaatkan oleh masyarakat masih mengandung karbohidrat, vitamin B1 dan

serat pangan yang cocok untuk tempat tinggal bakteri *Acetobacter xylinum* sehingga dapat digunakan untuk membuat nata. Nata yang terbuat dari limbah air kulit pisang biasa disebut dengan *nata de banana*.

Dalam penelitian ini digunakan juga bahan untuk pengubah polimer sesuai yang diinginkan (pemlastis) yang disebut *Plasticizer*. Pemlastis polimer yang biasa digunakan adalah pemlastis dari golongan kelompok piliol seperti gliserol, sorbitol dan xilitol sehingga digunakanlah pemlastos gliserol untuk mengoptimasi bioplastik (Qiao, 2010).

Bakteri yang berperan dalam proses terbentuknya nata adalah bakteri dari golongan *Acetobacter*, yang tergolong dalam kelompok bakteri *Acetobacter* antara lain adalah *Acetobacter aceti*, *Acetobacter orleansis*, *Acetobacter liquefaciens* dan *Acetobacter xylinum*. *Nata de banana* adalah produk nata hasil fermentasi oleh *Acetobacter xylinum* yang mempunyai warna putih dan kenyal. *Nata de banana* dapat dibuat bioplastik yang mudah terbiodegradasi sehingga tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan. Pembuatan bioplastik dilakukan dengan menghilangkan air yang masih terkandung di dalam *nata de banana* dengan cara dimasukkan dalam oven pada suhu 100 °C dan dikeringkan diatas *hot plate* pada suhu 150 °C.

Produk bioplastik yang terbuat dari *nata de banana* memang mudah terbiodegradasi, namun masih mempunyai kekurangan dalam hal sifat mekanik, sehingga perlu adanya zat tambahan sebagai pemlastis (Eli Rohaeti, 2010). Ada beberapa zat yang dapat digunakan sebagai pemlastis, di antaranya adalah gliserol

dan asam oleat. Dengan adanya gliserol dan asam oleat diharapkan bioplastik dari *nata de banana* dapat mempunyai sifat mekanik lebih baik.

Penelitian yang dilakukan berupaya membuat bioplastik dari air kulit pisang yang ditambahkan asam oleat dan variasi gliserol sebagai pemlastis untuk memperbaiki sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Selanjutnya bioplastik tersebut diuji sifat mekaniknya. Bioplastik *nata de banana* yang memiliki karakteristik sifat mekanik terbaik selanjutnya dikarakterisasi gugus fungsinya melalui teknik FTIR dan dibiodegradasi untuk mengetahui kemudahan terbiodegradasinya di alam.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan untuk membuat bioplastik sangat bervariasi.
2. Terdapat banyak pemlastis yang digunakan dalam pembuatan bioplastik.
3. Mikroorganisme yang digunakan dalam proses biodegradasi bioplastik sangat bervariasi.
4. Banyak teknik karakterisasi bioplastik *nata de banana* sebelum dan sesudah biodegradasi.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah nata dari air sari kulit pisang, gliserol dan asam oleat.

2. Pemlastis yang digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah asam oleat 1,5% dan gliserol dengan variasi 1%, 2%, 3%.
3. Mikroorganisme yang digunakan dalam proses biodegradasi adalah mikroorganisme dalam tanah humus.
4. Karakterisasi bioplastik *nata de banana* sebelum biodegradasi meliputi uji sifat mekanik dan analisis gugus fungsi dan setelah biodegradasi hanya analisis gugus fungsi.

D. Perumusan Masalah

Adapun yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan asam oleat dan gliserol terhadap sifat mekanik bioplastik *nata de banana*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan asam oleat dan gliserol terhadap gugus fungsi bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik paling optimum?
3. Bagaimana kemudahan biodegradasi dari bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik paling baik?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan asam oleat dan gliserol terhadap sifat mekanik bioplastik *nata de banana*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan asam oleat dan gliserol terhadap gugus fungsi bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik paling optimum.

3. Mengetahui kemudahan biodegradasi dari bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik paling optimum.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu :

1. Dapat menjadi sumber informasi mengenai cara pembuatan bioplastik dari bahan alam khususnya dari limbah-limbah bahan alam yang terbuang sia-sia seperti limbah air kulit pisang yang ternyata masih memiliki fungsi dan nilai ekonomis.
2. Dapat memberikan informasi baru mengenai plastik yang ramah lingkungan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Plastik

Plastik sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Banyak barang kebutuhan diolah dari bahan plastik. Luasnya penggunaan plastik karena sifat-sifatnya yang unggul dan mudah diolah secara industri. Plastik merupakan bahan polimer alternatif yang lebih disenangi untuk digunakan sebagai bahan sandang dan papan bagi kehidupan manusia, karena tersedia dalam jumlah besar dan lebih murah harganya dibanding bahan-bahan konvensional, serta lebih aman digunakan (Wirjosentono. B, 1995:16).

Plastik merupakan suatu polimer, yaitu gabungan dari beberapa unit ulang yang akan membentuk rantai yang sangat panjang (Syarief, et al., 1989:3). Menurut Eden dalam Davidson (1970:3), klasifikasi plastik menurut struktur kimianya terbagi atas dua macam yaitu:

a. Linier

Rantai polimer dengan struktur linier akan membentuk plastik termoplastik yang mempunyai sifat meleleh pada suhu tertentu, dan sifatnya dapat balik (*reversible*) kepada sifatnya yakni kembali mengeras bila didinginkan.

b. Jaringan Tiga Dimensi

Polimer yang membentuk jaringan tiga dimensi terbentuk akibat polimerisasi berantai disebut sebagai plastik *thermosetting* dengan sifat tidak

dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*). Bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali (Flinn dan Trojan, 1975:3).

2. Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang dapat terdegradasi secara alamiah baik melalui serangan mikroorganisme maupun oleh cuaca (kelembaban dan radiasi sinar matahari), sedangkan plastik sintetik berasal dari minyak bumi yang sulit diuraikan di alam. Suryati (1992), menyatakan bahwa faktor utama polimer yang dapat terdegradasi secara alamiah adalah polimer alam yang mengandung gugus hidroksil (-OH) dan gugus karbonil (CO) dan proses degradasi tersebut terutama disebabkan serangan mikroorganisme.

Bioplastik secara global sudah dikenal dan telah dikembangkan sejak puluhan tahun yang lalu. Demikian pula di Indonesia sudah dua puluh tahunan penelitian tentang bioplastik telah dilakukan dan dikembangkan. Namun demikian di Indonesia masih sangat sulit ditemukan produk berbahan baku material bioplastik. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan supaya produk bioplastik dapat akrab di lingkungan masyarakat.

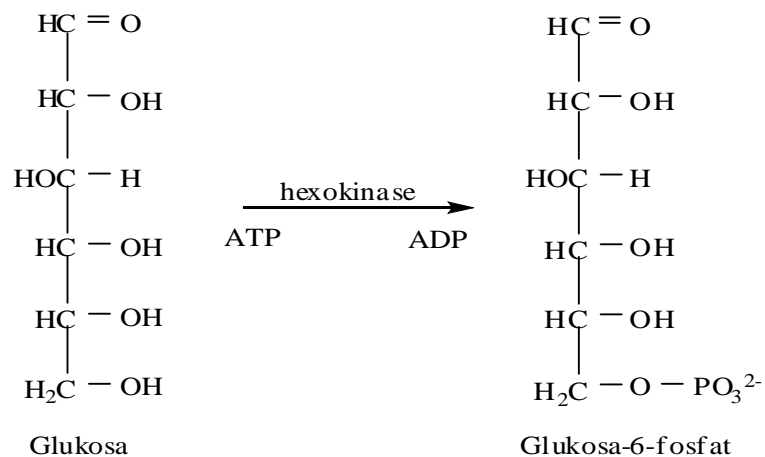
Bioplastik dapat dibuat dari nata yang mempunyai bahan dasar yang mudah didapat, seperti dari air cucian beras, air limbah ketela, air limbah pabrik tahu, air rebusan pisang, air kelapa dan lain-lain.

3. Nata de Banana

Manfaat lain dari air limbah kulit pisang yang lain adalah dapat dijadikan sebagai nata untuk membuat bioplastik. Adanya kandungan karbohidrat yang

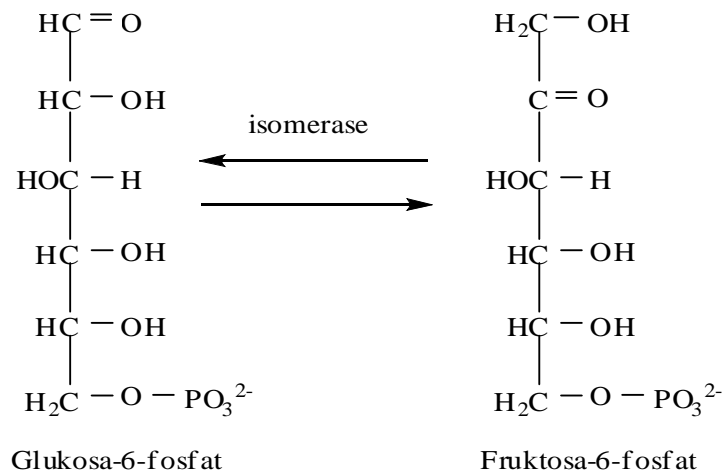
merupakan senyawa yang mudah digunakan oleh mikroorganisme (bakteri) karena mempunyai struktur lebih sederhana dibandingkan dengan sukrosa (Cesar, 1962:22).

Menurut Carpenter (1972:22), bahwa sukrosa yang ada pada substrat pertama kali dirombak ke dalam struktur yang lebih sederhana biasanya fruktosa atau glukosa dengan bantuan enzim atau proses hidrolisis. Glukosa yang terbentuk dari hasil hidrolisis sukrosa oleh enzim sukrase, dengan proses fosforilasi, glukosa dibentuk ke dalam bentuk glukosa-6-fosfat dengan bantuan enzim hexokinase. Reaksi pembentukan glukosa-6-fosfat dari glukosa dapat dilihat pada Gambar 2.



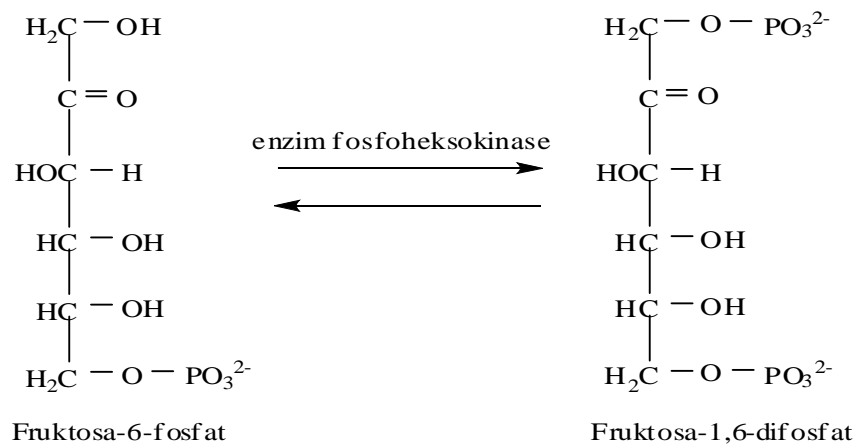
Gambar 2. Fosforilasi Glukosa

Setelah reaksi fosforilasi glukosa berlangsung, selanjutnya terjadi reaksi isomerisasi dari glukosa-6-fosfat yang menghasilkan fruktosa-6-fosfat, dengan bantuan enzim isomerase. Reaksi ini berjalan bolak-balik, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi Isomerasi Glukosa-6-fosfat menjadi Fruktosa-6-Fosfat

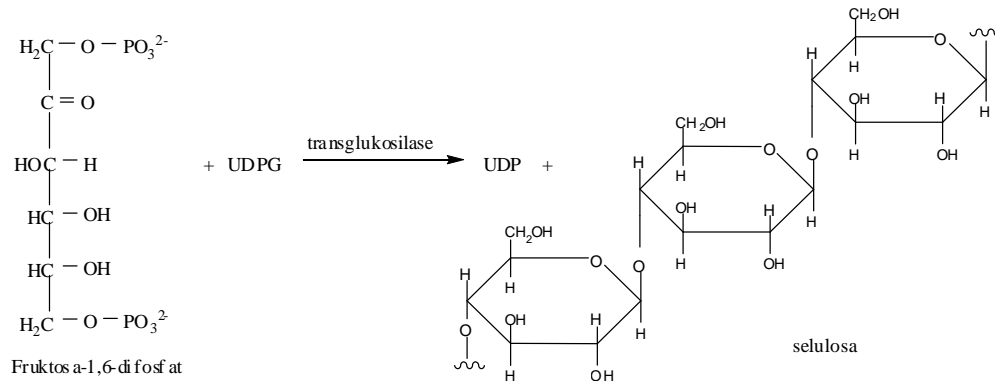
Selanjutnya berlangsung pemindahan fosfat baru dari ATP ke fruktosa-6-fosfat pada atom C no 1, dengan bantuan enzim fosfoheksokinase, yang menghasilkan fruktosa 1,6-difosfat. Reaksi pemindahan fosfat baru dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Reaksi Pemindahan Fosfat Baru

Kemudian dengan adanya UDPG (*Uridin Difosfat Glukosa*) dan bantuan enzim transglukosilase akan membentuk selulosa. Reaksi pembentukan selulosa

dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Reaksi Pembentukan selulosa

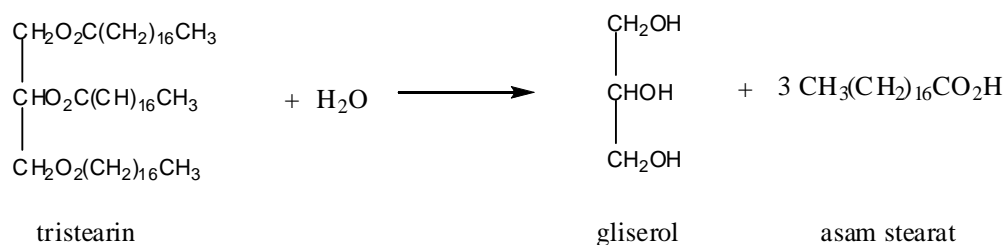
4. Gliserol

Salah satu alkil trihidrat yang penting adalah gliserol (propan-1,2,3-triol) $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$. Senyawa ini kebanyakan ditemui hampir di semua lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliserin dari asam palmitat dan oleat (Austin, 1985:33). Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis, tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur $20\text{ }^\circ\text{C}$ dan memiliki titik didih tinggi yaitu $290\text{ }^\circ\text{C}$. Gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol. Oleh karena itu gliserol merupakan pelarut yang baik (Anonymous II, 2006).

Gliserol bermanfaat sebagai anti beku (*anti freeze*) dan juga merupakan senyawa yang bersifat higroskopis sehingga banyak digunakan untuk mencegah kekeringan pada tembakau, pembuatan parfum, tinta, kosmetik, makanan dan minuman lainnya (Austin, 1985:24). Gliserol dapat digunakan untuk gliserolisis

lemak atau metil ester untuk membentuk gliserolat monogliserida, digliserida, trigliserida. Gliserol mengandung tiga gugus hidroksi yang terdiri dari dua gugus alkohol primer dan satu gugus alkohol sekunder (Nouriedden, Medikonduru, 1997:24).

Gliserol dapat diperoleh dari pemecahan ester asam lemak dari minyak dan lemak industri oleokimia (Bhat, 1990:24). Reaksi gliserolisis lemak dapat dilihat pada Gambar 6.



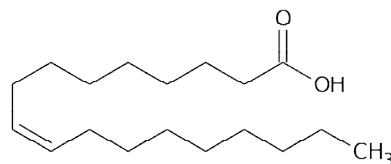
Gambar 6. Reaksi Gliserolisis Lemak

Secara umum senyawa poliol (polihidroksi termasuk gliserol) dari berbagai sumber banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri seperti halnya ester poliol dari senyawa sakarida dengan asam lemak yang digunakan sebagai bahan surfaktan dalam formulasi bahan makanan, kosmetika maupun obat-obatan. Demikian juga dalam industri polimer, senyawa poliol banyak digunakan sebagai pemlastis maupun pemantap. Senyawa poliol ini dapat diperoleh dari hasil industri petrokimia, maupun langsung dari transformasi minyak nabati dan olahan industri oleokimia. Sedangkan hasil industri petrokimia sulit terdegradasi di alam. Senyawa poliol dari minyak nabati dan industri oleokimia dapat diperbaharui, sumbernya mudah diperoleh, dan juga akrab dengan lingkungan karena mudah terdegradasi di alam (Goudung, 2004:27).

Plastisasi pada prinsipnya adalah interaksi antara polimer dengan pemlastis yang dipengaruhi oleh sifat *afinitas* kedua komponen. Jika *afinitas* polimer dengan pemlastis tidak terlalu kuat, maka akan terjadi plastisasi antar struktur. Namun, jika terjadi interaksi antara polimer dengan pemlastis cukup kuat, maka molekul pemlastis akan terdifusi ke dalam rantai polimer. Dalam hal ini, molekul pemlastis akan berada di antara rantai polimer dan mempengaruhi mobilitas rantai yang dapat meningkatkan plastisasi sampai batas kompatibilitas rantai yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistem yang heterogen dan plastisasi berlebihan, sehingga plastisasi tidak efisien lagi (Wirjosentono, 1995:39).

5. Asam Oleat

Asam oleat merupakan asam lemak tidak jenuh yang banyak dikandung dalam minyak jagung. Asam ini tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap di antara atom C ke-9 dan ke-10. Rumus kimia dari asam oleat adalah : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, rumus strukturnya dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Struktur Asam Oleat

Asam oleat dapat dihasilkan dari fraksinasi asam lemak yang diperoleh dari proses pengubahan minyak menjadi asam lemak. Dalam hal ini proses yang

digunakan adalah proses hidrolisis. Asam oleat dapat juga dihasilkan dari fraksinasi asam lemak yang diperoleh dari hidrolisis lemak. Asam oleat banyak digunakan di industri dalam produk-produk kosmetika dan sebagai *surface active* dan *emulsifier*.

Sifat-sifat fisika dan kimia asam oleat adalah sebagai berikut :

a. Sifat Fisika :

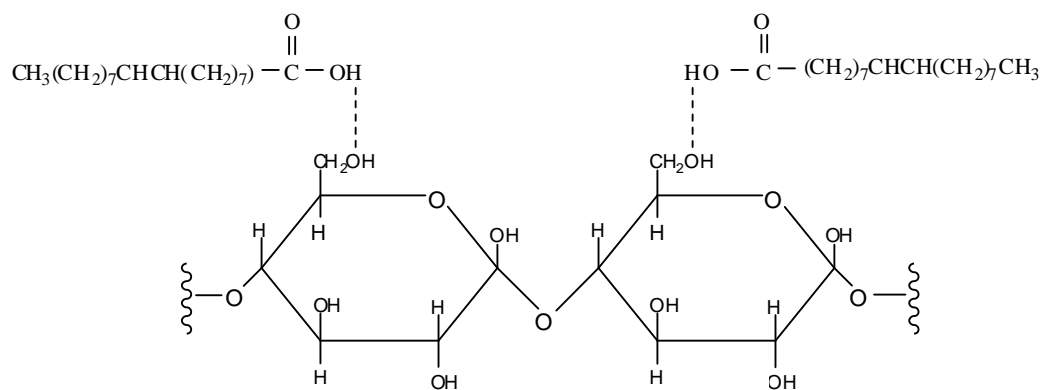
- massa molekul : 280,45 (g/mol)
- titik leleh : 16,3 °C
- titik didih : 285 °C
- indeks bias : 1,4565
- *specific gravity* : 0,917-0,919 (25 °C)
- densitas : 0,8910 g/mL
- tidak larut dalam air
- mudah terhidrogenasi
- merupakan asam lemak tak jenuh
- memiliki aroma yang khas

b. Sifat Kimia :

- Larut dalam pelarut organik seperti alkohol
- bersifat hidrolisis
- tidak stabil pada suhu kamar
- Asam lemak bebas 2,5-2,4 %

(Sumber : Perry, 1999).

Penggunaan asam oleat sebagai pemlastis prinsipnya sama dengan pemlastis gliserol, yaitu adanya interaksi antara polimer dengan pemlastis yang dipengaruhi oleh sifat *afinitas* kedua komponen. Interaksi asam oleat dengan selulosa dari nata adalah adanya ikatan hidrogen antar atom H asam dari asam oleat dengan gugus hidroksil (-OH) selulosa. Dalam hal ini atom H dari asam oleat akan bersaing dengan atom H dari gliserol untuk berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) dari selulosa. Struktur ikatan yang terjadi antara asam oleat dengan selulosa dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Ikatan antara Asam Oleat dengan Selulosa

6. Tanah Humus

Humus didefinisikan sebagai material organik yang berasal dari degradasi ataupun pelapukan daun-daunan ataupun ranting-ranting tanaman yang membusuk (mengalami dekomposisi) yang akhirnya berubah menjadi humus (bunga tanah), dan kemudian menjadi tanah. Secara kimia, humus didefinisikan sebagai suatu kompleks organik makromolekular yang mengandung banyak cincin dan substituen-substituen polar seperti fenol, asam karboksilat, dan alifatik hidroksida. Teknik yang umum untuk menghasilkan humus adalah dengan teknik

pengomposan, karena humus merupakan komponen utama dari kompos. Bahan baku untuk kompos selain dari daun ataupun ranting pohon yang berjatuhan, dapat juga dari limbah pertanian dan peternakan, industri makanan, agro industri; kulit kayu, serbuk gergaji (abu kayu), kepingan kayu, endapan kotoran, sampah rumah tangga ataupun limbah-limbah padat perkotaan (<http://www.chem-is-try.org>).

Tanah humus mengandung banyak mikroorganisme tanah (Sumarsih, 2003:39). Peranan terpenting mikroorganisme tanah ialah membawa perubahan kimiawi pada substansi-substansi di dalam tanah, terutama perubahan persenyawaan organik yang mengandung karbon, nitrogen, sulfur dan fosfor menjadi persenyawaan anorganik atau disebut mineralisasi, di dalamnya terlibat sejumlah besar perubahan kimiawi serta berperan berbagai macam spesies mikroorganisme (Pelczar, 1988:12).

Mikroorganisme yang menghuni tanah dapat dikelompokkan menjadi bakteri, actinomycetes, fungi, alga, dan protozoa (Rao, 1994:52). Bakteri merupakan mikroorganisme yang paling dominan di dalam tanah bila dibandingkan dengan mikroorganisme lain seperti fungi dan protozoa, bakteri dapat hidup pada seluruh lapisan tanah dan pada kondisi tanah yang berbeda. Jumlah bakteri yang ada di dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai kondisi yang mempengaruhi pertumbuhannya seperti temperatur, kelembaban, aerasi dan sumber energi. Secara umum populasi yang terbesar terdapat di horison permukaan. Mikroorganisme tanah lebih banyak ditemukan pada permukaan tanah karena bahan organik lebih tersedia, oleh karena itu mikroorganisme lebih banyak berada pada lapisan tanah paling atas (Alexander, 1977:83).

7. Biodegradasi Bioplastik *Nata de banana*

Biodegradasi merupakan proses pengomposan (*coasting*). Tidak semua bahan di alam ini dapat terurai menjadi komponen kecil penyusunnya. Segala bahan yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen penyusunnya disebut bahan *biodegradable*. Pengurai atau pendegradasi umumnya adalah bakteri dan jamur (Nurudin Budiman, 2003). Faktor utama polimer yang dapat terdegradasi secara alamiah adalah polimer alam yang mengandung gugus hidroksil (-OH) dan gugus karbonil (CO) dan proses degradasi terutama dikarenakan serangan mikroorganisme (Suryati, 1992).

Proses degradasi secara kimia terbagi atas 2 lingkungan degradasi, yaitu lingkungan biotik dan abiotik. Degradasi dalam lingkungan biotik umumnya terjadi karena serangan mikroba seperti bakteri, kapang, ganggang dan lainnya, sedangkan proses degradasi pada lingkungan abiotik meliputi degradasi karena sinar UV, panas, hidrolisis, oksidasi dan lainnya.

8. Karakterisasi Bioplastik

a. Karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi inframerah merupakan salah satu teknik identifikasi struktur, baik untuk senyawa organik maupun senyawa anorganik. Analisis ini merupakan suatu metode semi empirik, kombinasi pita serapan yang khas dapat diperoleh untuk menentukan struktur senyawa yang terdapat dalam suatu bahan. Energi vibrasi molekul dapat dideteksi dan diukur pada spektrum inframerah, bila vibrasinya menghasilkan perubahan momen dipol (Ani Sutiani, 1997).

Radiasi inframerah yang penting dalam penentuan struktur atau analisis gugus fungsi terletak pada daerah dengan bilangan gelombang antara 1000-4000 cm^{-1} (Wirjosentono, dkk, 1995:25). Molekul senyawa organik berada dalam keadaan vibrasi tetap pada temperatur kamar. Setiap ikatan mempunyai frekuensi ulur dan tekuk yang khas dan dapat menyerap sinar frekuensi tersebut. Untuk mengukur intensitas serapan dalam spektra infra merah cukup mengetahui bahwa intensitas serapan adalah kuat, sedang, lemah atau tidak menentu. Absorbansi suatu cuplikan pada frekuensi tertentu didefinisikan sebagai :

$$A = - \log \frac{I}{I_0}$$

Keterangan :

A : Absorbansi cuplikan

I_0 : Intensitas cahaya sebelum mengadakan interaksi dengan cuplikan

I : Intensitas cahaya setelah mengadakan interaksi dengan cuplikan

Hubungan antara absorbansi dengan transmitansi dinyatakan dengan :

$$A = \log \frac{1}{T}$$

Biasanya untuk analisis, sampel dapat berupa padat, cair dan gas. Metode penyiapan analisis untuk bahan polimer dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan metode pelet KBr. Data yang akan diamati dari proses analisis menggunakan FTIR adalah gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik.

b. Sifat mekanik

Menurut Nur (1997), penggunaan bahan polimer baik dalam industri maupun dalam kehidupan sehari-hari sangat tergantung pada sifat mekanik bahan polimer tersebut. Sifat mekanik tersebut meliputi kuat putus (*strength at break*) dan perpanjangan saat putus.

1) Kuat Putus (*strength at break*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap pembebanan pada titik lentur dan juga untuk mengetahui keelastisan suatu bahan (Haygreen, 1996:34).

2) Perpanjangan Saat Putus (*elongation at break*)

Perpanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus. Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas film untuk merenggang atau memanjang.

B. Penelitian yang Relevan

Nurul Huda Efendi (2009), melakukan penelitian mengenai Pengaruh Penambahan Variasi Massa Pati pada Pembuatan *Nata de coco* dalam Medium Fermentasi Bakteri *Acetobacter xilynum*. Dalam penelitian tersebut diungkapkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan terbentuknya nata, diantaranya :

1. Temperatur ruang inkubasi yang optimal adalah 28 °C

2. Kualitas starter yang baik
3. Kebersihan alat
4. Jenis dan konsentrasi medium
5. pH fermentasi

Penelitian tentang bahan pemlastis telah dilakukan oleh Farrida Ariany Pasaribu (2009) pada pati jagung, yang mendapatkan hasil bahwa gliserol dapat digunakan sebagai pemlastis *edible film* dari pati jagung. Sifat mekanik dari *edible film* pati jagung paling baik adalah penambahan gliserol 30 % (v/b).

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Machrani Hasibuan (2009) tentang pembuatan film layak makan dari pati sagu menggunakan bahan pengisi serbuk batang sagu, dan gliserol sebagai plastis. Dalam penelitian tersebut film dengan penambahan gliserol memberikan sifat mekanik lebih baik dibandingkan film tanpa penambahan gliserol.

Bahan lain yang sering digunakan adalah dari asam lemak, salah satu diantaranya adalah asam oleat seperti yang diutarakan oleh Nirwana (2001) dalam penelitian pengikatan pemlastis asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam matriks polivinil klorida (PVC). Nirwana menyimpulkan polivinil klorida yang diberikan tambahan asam lemak memberikan ketahanan dan kemuluran lebih baik.

C. Kerangka Berpikir

Sebagian besar plastik merupakan bahan yang memiliki sifat tahan lama dan sukar diuraikan. Hal ini dapat menimbulkan masalah, terutama masalah

lingkungan hidup. Dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari, sampah-sampah yang terbuat dari berbagai macam plastik berserakan di mana-mana, jika dibakar dapat menimbulkan polusi udara, jika ditanam dalam tanah dapat mencemari tanah, jika dibuang begitu saja tidak nyaman untuk dipandang. Masalah ini harus diatasi, salah satunya adalah dengan alternatif mengganti plastik sintetik dengan bioplastik, yaitu plastik ramah lingkungan. Bioplastik yang terbuat dari bahan alam lebih ramah lingkungan, artinya dapat terbiodegradasi oleh mikroorganisme tanah.

Bioplastik dapat dibuat dari nata yang bahan bakunya mudah didapat, salah satunya adalah air kulit pisang yang masih mengandung karbohidrat, vitamin B1 dan serat pangan, sehingga sangat cocok sebagai tempat tinggal untuk bakteri *acetobacter xylinum* yang merupakan bakteri pembuat nata (<http://www.fmipa.uny.ac.id>).

Pembuatan bioplastik dari *nata de banana* melalui proses pengeringan dalam oven kemudian dikeringkan diatas *hot plate*, sehingga didapatkan bioplastik tipis tanpa mengandung air. Penelitian sebelumnya diketahui bahwa bioplastik dari *nata de banana* memiliki sifat kurang elastis dan rapuh. Oleh karena itu perlu ditambahkan zat pemlastis, diantaranya seperti gliserol dan asam oleat.

Penambahan gliserol dan asam oleat diharapkan memberikan sifat pemlastis pada bioplastik dari *nata de banana*, sehingga sifatnya lebih elastis. Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan gliserol dan asam oleat maka semua bioplastik *nata de banana* yang telah diperoleh diuji sifat mekaniknya,

bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat mekanik paling optimum dibiodegradasi selanjutnya diuji gugus fungsinya sebelum dan setelah dibiodegradasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah bioplastik dari *nata de banana*, bioplastik dari *nata de banana* dengan penambahan asam oleat, bioplastik *nata de banana* dengan penambahan asam oleat dan variasi gliserol.

2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah karakteristik bioplastik meliputi gugus fungsi , sifat mekanik, dan kemudahan biodegradasi.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi gliserol dan lama biodegradasi bioplastik *nata de banana*.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakter bioplastik meliputi kehilangan massa dan sifat mekanik.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu konsentrasi asam oleat, media yang dipakai dalam biodegradasi.

C. Instrumen Penelitian

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Alat: | 2. Bahan |
| a) Pemanas | a) Air kulit pisang |
| b) Gelas Ukur 500 mL | b) <i>aquades</i> |
| c) Pengaduk | c) Starter (<i>Acetobacter xylinum</i>) |
| d) Pipet | d) Asam Cuka (CH_3COOH) |
| e) Indikator <i>universal</i> | e) Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) |
| f) Oven | f) Sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) |
| g) Gelas kimia | g) Gliserol |
| | h) Asam Oleat |

D. Prosedur Penelitian

1. Tahap Pembuatan *nata de banana* tanpa penambahan gliserol dan asam oleat

Bahan untuk membuat *nata de banana* adalah dengan menghaluskan kulit pisang sebanyak 1 kilogram dalam 1 liter akuadest (dengan memblendernya), menyaring air kulit pisang yang dihasilkan sebanyak 500 ml. Air kulit pisang yang telah bersih dari kotoran, selanjutnya direbus sampai mendidih. Pada saat mendidih, dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 10 % (b/v), urea 0,5 % (b/v) dan asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan guna menjaga pH 3,0 - 4,0. Setelah dididihkan selama 10 menit, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter

Acetobacter xylinum 120 ml. Larutan hasil penyaringan difermentasikan dengan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, nata siap diambil.

2. Tahap pembuatan *nata de banana* dengan penambahan asam oleat

Air sari kulit pisang sebanyak 500 mL yang telah disaring, selanjutnya direbus sampai mendidih. Setelah mendidih, dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 10% (b/v) , urea 0,5% (b/v), dan asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan guna menjaga pH 3,0 - 4,0 dan asam oleat 1,5% (v/v). Setelah dididihkan selama 10 menit, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* 120 ml. Larutan hasil penyaringan difermentasikan melalui perlakuan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, nata siap diambil.

3. Tahap pembuatan *nata de banana* dengan penambahan asam oleat dan variasi gliserol

Air sari kulit pisang sebanyak 500 mL yang telah disaring, selanjutnya direbus sampai mendidih. Saat mendidih, dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 10% (b/v), urea 0,5% (b/v), dan asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan guna menjaga pH 3,0 - 4,0 dan asam oleat 1,5% (v/v) dan gliserol dengan variasi 1% (v/v), 2% (v/v) dan 3% (v/v). Setelah mendidih selama 10 menit, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring didinginkan. Setelah dingin,

dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* 120 mL. Larutan hasil penyaringan difermentasikan dengan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, nata siap diambil.

4. Tahap Pembuatan Bioplastik *Nata de banana*

Tahap pembuatan bioplastik dari *nata de banana* adalah menghilangkan air yang terkandung dalam nata dengan cara dimasukkan dalam oven (pada suhu 100 °C selama ± 30 menit dan dipanaskan diatas *hot plate* pada suhu 120 °C selama ± 45 menit.

5. Biodegradasi Bioplastik *Nata de banana*

Pertama-tama menyiapkan tanah humus yang diambil dari kotoran sapi. Tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam plastik ukuran 1 kg setengah penuh. Kemudian memasukkan bioplastik *nata de banana* yang akan dibiodegradasi dan diberi tanah humus lagi hingga penuh. Lama biodegradasi dihentikan setelah bioplastik hampir terurai sempurna yang ditandai dengan bioplastik tersebut terlihat hampir hancur sempurna.

6. Tahap Karakterisasi Bioplastik *Nata de banana*

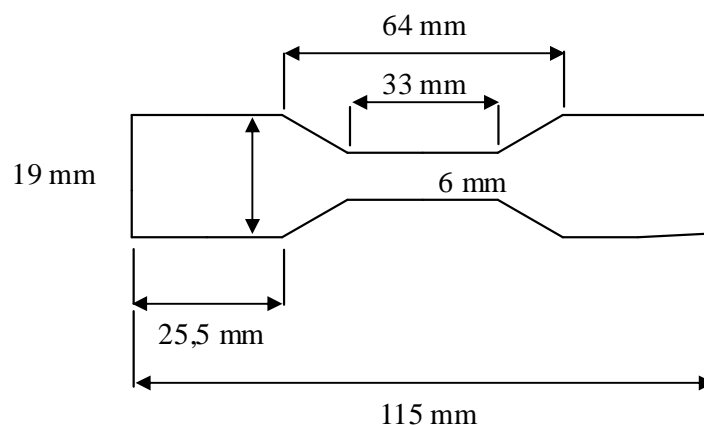
a. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Metode yang digunakan dalam preparasi sampel adalah dengan pembuatan pellet KBr. Sampel nata digerus dengan menggunakan mortar. Campuran yang sudah homogen ditekan dan diperoleh pellet KBr. Selanjutnya menganalisis sampel dengan menggunakan FTIR pada daerah 400-4000 cm^{-1} sehingga diperoleh spektrum FTIR. Teknik FTIR ini

digunakan untuk melihat puncak serapan dari gugus fungsi yang ada dalam produk bioplastik (Eli Rohaeti, 2003).

b. Penentuan Sifat Mekanik

Penentuan sifat mekanik meliputi uji kuat putus (*strength at break*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), dan *modulus Young*. Material yang akan diuji sebelumnya dipotong dalam bentuk dumbble, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 9. Material Bioplastik dalam Bentuk Dumbble

Setelah itu alat terlebih dahulu dikondisikan pada beban 100 kgf dengan kecepatan 50 mm/menit, kemudian spesimen ditarik ke atas. Spesimen diamati sampai putus, lalu dicatat maksimum (F_{maks}) dan regangannya. Data pengukuran tegangan dan regangan sering disebut sebagai kuat tarik (σ) dan kemuluran (ϵ).

c. Penentuan Pengurangan Massa Bioplastik Sesudah Biodegradasi

Langkah yang dilakukan untuk mengukur persentase pengurangan massa yaitu dengan menimbang polimer sebelum dan setelah dilakukan biodegradasi (Eli Rohaeti, 2003).

d. Penentuan Biodegradabilitas Bioplastik Hasil Sintesis

Untuk menentukan biodegradabilitas (laju pengurangan massa) bioplastik dilakukan dengan menimbang bioplastik sebelum dan sesudah dilakukan biodegradasi. Kemudian selisih keduanya dibagi dengan lama biodegradasi (Eli Rohaeti, 2003).

E. Teknik Analisis Data

1. Penentuan Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de banana*

a. Kuat Putus (*strength at break*)

$$= -$$

keterangan :

σ = kuat putus bahan

F = beban pada saat putus

A = luas penampang

b. Perpanjangan Saat Putus (*elongation at break*)

$$\varepsilon = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

keterangan :

ε = perpanjangan saat putus (%)

L_t = panjang pada saat putus

L_o = panjang mula-mula

c. Modulus Young

= -

dengan

E = modulus Young

σ = kuat putus bahan

ε = perpanjangan saat putus

2. Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de Banana*

Penentuan tingkat biodegradabilitas bioplastik dengan cara uji kehilangan massa. Persen kehilangan massa ditentukan dengan rumus berikut:

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

W_i = massa sampel sebelum biodegradasi.

W_f = massa sampel sesudah dibiodegradasi.

3. Laju Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de Banana*

Penentuan laju kehilangan massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$v = \frac{W_i - W_f}{\Delta t}$$

dengan

v = laju kehilangan massa

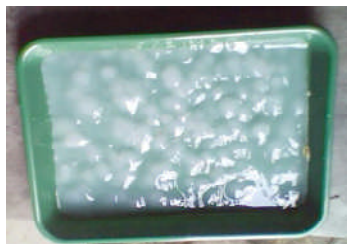
Δt = waktu yang dibutuhkan untuk biodegradasi

BAB IV

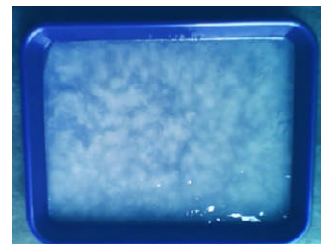
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. *Nata de banana* yang Dihasilkan

Nata de banana hasil sintesis bakteri *Acetobacter xylinum* selama 5 hari seperti nata pada umumnya, yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 1.



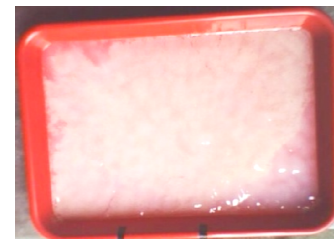
Nata de banana Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol



Nata de banana dengan Penambahan Asam Oleat



Nata de banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%



Nata de banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2%



Nata de banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 3%

Gambar 10. Sifat Fisik *Nata de banana*

Hasil pengamatan pada Gambar 10 pada bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan variasi gliserol menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi gliserol yang diberikan nata yang terbentuk semakin tidak transparan.

Tabel 1. Sifat Fisik *Nata de banana* Hasil Sintesis *Acetobacter xilynum*

	Sifat Fisik	<i>Nata de Banana</i>
1.	Tekstur	Kenyal dan licin
2.	Warna	Putih transparan
3.	Ketebalan	± 4 mm

Nata merupakan produk hasil fermentasi *Acetobacter xilynum*, yang mempunyai tekstur kenyal, licin dan transparan. *Nata de banana* yang diperoleh dari penelitian ini hampir sama dengan nata pada umumnya, namun dengan adanya tambahan pemlastis seperti asam oleat dan gliserol membuat teksturnya sedikit berbeda. Semakin banyaknya pemlastis yang ditambahkan maka *nata de banana* yang dihasilkan semakin tidak transparan, karena pemlastis yang ditambahkan mampu berinteraksi dengan molekul *nata de banana* sehingga merubah sifat-sifatnya.

B. Karakterisasi Bioplastik *Nata de banana*

Bioplastik *nata de banana* dibuat dengan cara menghilangkan air yang terkandung di dalam *nata de banana* dengan cara dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100 °C dan dipanaskan di *hot plate* pada suhu 120 °C. Bioplastik *nata de banana* yang dihasilkan, secara fisik mempunyai bentuk seperti plastik transparan, hanya saja sedikit agak keruh. Sifat fisik dari bioplastik *nata de banana* dapat dilihat pada Gambar 11 serta Tabel 2 dan Tabel 3.



Bioplastik *Nata de banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol



Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat



Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%



Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2%



Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 3%

Gambar 11. Hasil Bioplastik *Nata de Banana*

Hasil pengamatan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan variasi gliserol menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi gliserol yang diberikan bioplastik yang terbentuk semakin tidak transparan.

Tabel 2. Sifat Fisik Bioplastik *Nata de banana*

No.	Sifat Fisik	Hasil Pengamatan	
		Tanpa penambahan asam oleat dan gliserol	Dengan penambahan asam oleat
1.	Bentuk	Lembaran plastik transparan	Lembaran plastik transparan
2.	Warna	Putih transparan	Putih transparan
3.	Tekstur	Kesat dan kasar	Licin dan sedikit berminyak
4.	Ketebalan	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 1\text{mm}$
5.	Liat / tidak	Kurang liat	Agak liat

Dengan penambahan asam oleat dan gliserol menyebabkan beberapa perubahan dari bioplastik *Nata de banana* yaitu perubahan warna yang cenderung lebih tidak transparan, tekstur berubah menjadi lebih licin dan sedikit berminyak serta ketelitiannya bertambah.

Tabel 3. Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%, 2% dan 3%

No.	Sifat Fisik	Hasil Pengamatan		
		1%	2%	3%
1.	Bentuk	Lembaran plastik transparan	Lembaran plastik kurang transparan	Lembaran plastik tidak transparan
2.	Warna	Putih transparan	Putih transparan	Putih tidak transparan
3.	Tekstur	Licin dan sedikit berminyak	Licin dan sedikit berminyak	Licin dan lebih berminyak
4.	Ketebalan	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 1\text{mm}$
5.	Liat / tidak	Agak liat	Liat	Liat

Bioplastik *nata de banana* adalah bioplastik dari hasil penguapan air yang terkandung di dalam *nata de banana*, sehingga akan membentuk lembaran tipis menyerupai plastik. Karakter bioplastik *nata de banana* tanpa penambahan asam

oleat dan gliserol dengan bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol berbeda dalam hal tekstur dan sifat mekaniknya. Bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat mempunyai warna lebih tidak transparan, licin dan berminyak serta lebih liat dibandingkan bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol.

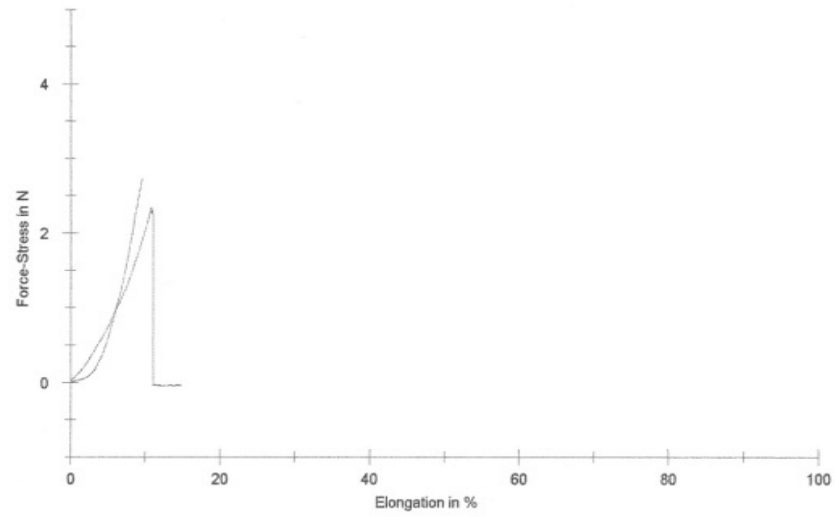
Hasil pengamatan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan variasi gliserol lebih tidak transparan dan lebih liat dibandingkan bioplastik yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol atau yang dibuat dengan penambahan asam oleat saja. Hal itu membuktikan bahwa zat pemastis seperti asam oleat dan gliserol yang ditambahkan berinteraksi dengan molekul *nata de banana* sehingga mengubah tekstur dan keliatan dari bioplastik *nata de banana*.

Bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2% memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan yang lain, karena sifatnya yang liat dan hanya mengandung sedikit minyak, sehingga cukup bagus dijadikan sebagai plastik kemasan.

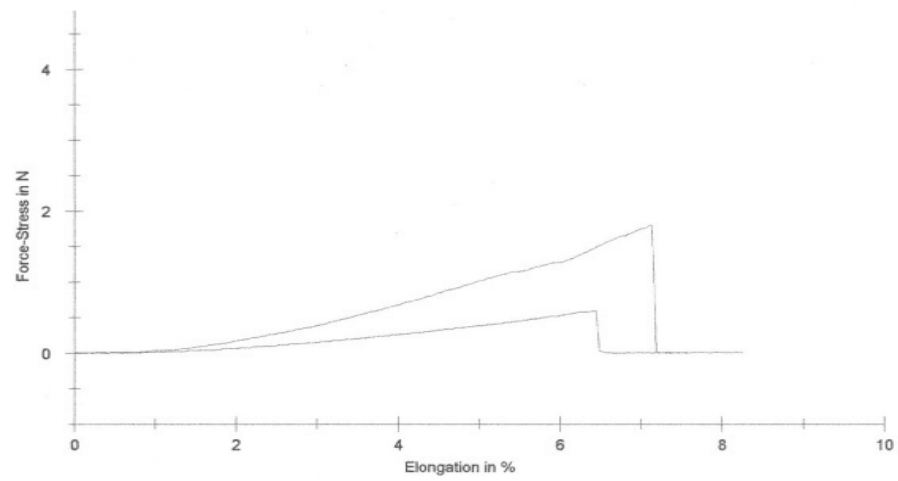
C. Karakterisasi Sifat Mekanik dan Gugus Fungsi Bioplastik *Nata de banana*

1. Karakterisasi Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de banana*

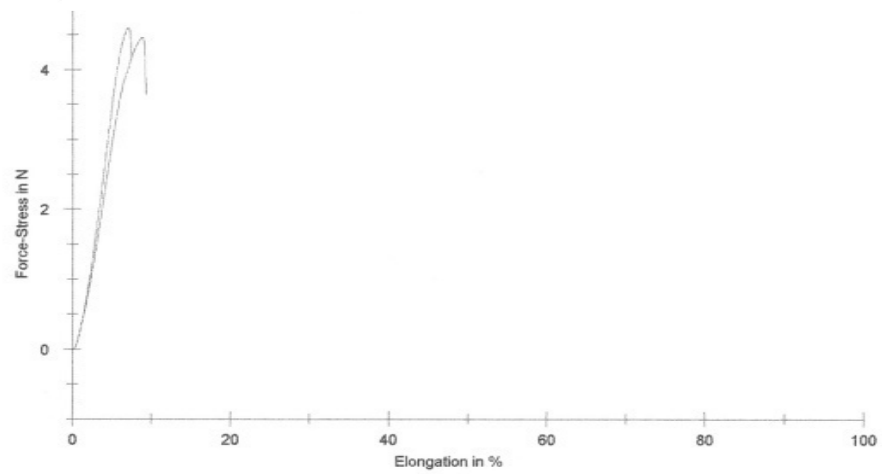
Pengujian sifat mekanik dari bioplastik *nata de banana* dilakukan di laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Penentuan sifat mekanik bioplastik *nata de banana* meliputi uji kuat putus (*strength at break*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), dan *modulus young*. Hasil uji sifat mekanik bioplastik *nata de banana* dapat dilihat pada Gambar 12 dan gambar 13.



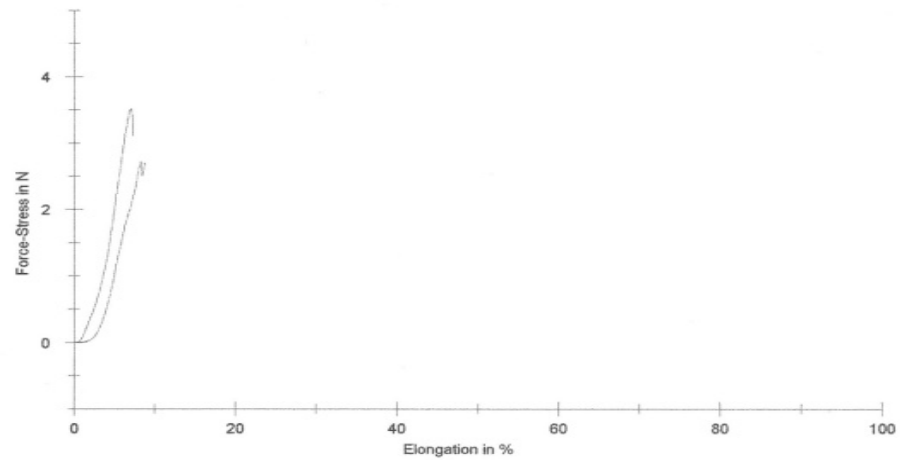
Nata de Banana Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol



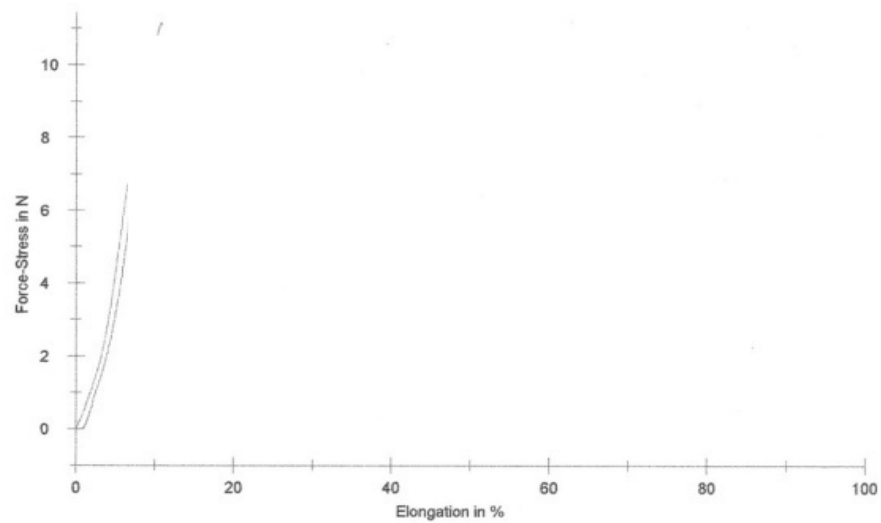
Nata de Banana dengan Penambahan Asam Oleat



Nata de Banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%

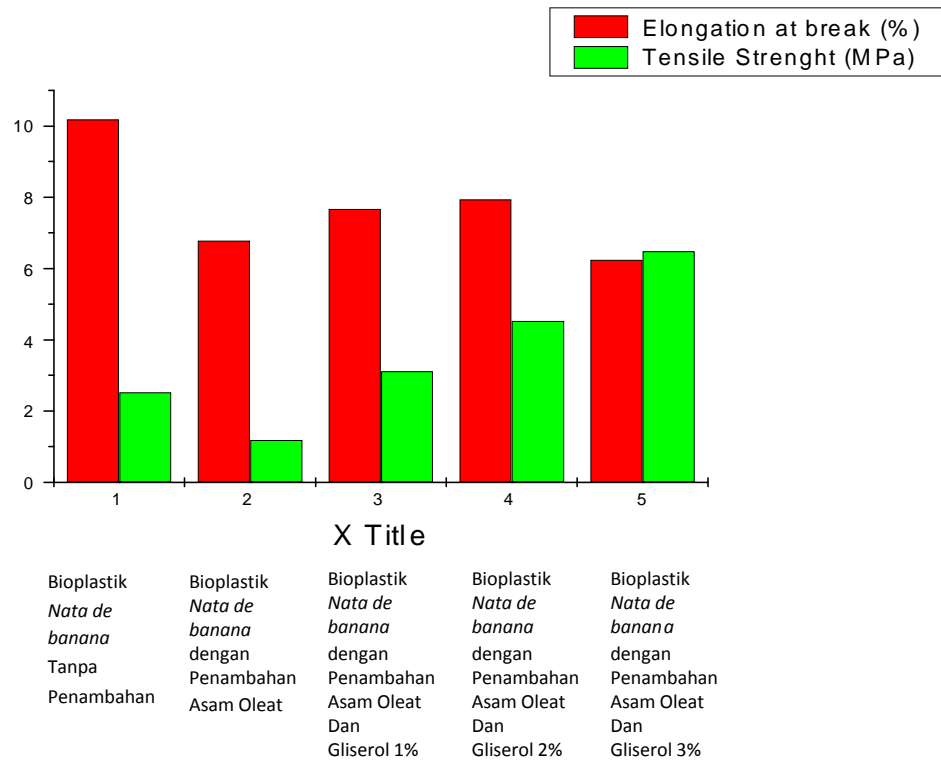


Nata de Banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol
2% Gliserol 2%



Nata de Banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol
2% Gliserol 3%

Gambar 12. Hasil Karakterisasi Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de Banana*



Gambar 13. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de Banana*

Karakter sifat mekanik bioplastik *nata de banana* tanpa penambahan asam oleat dan gliserol, menunjukkan *elongation at break* (perpanjangan saat putus) paling besar namun bioplastik tersebut tidak mampu menahan beban terlalu besar karena mempunyai *strength at break* (kekuatan putus) kecil. Dengan demikian bioplastik tersebut kurang baik dalam hal sifat mekaniknya bila nantinya dibuat sebagai plastik kemasan.

Bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat mempunyai perpanjangan saat putus cukup besar, namun dalam hal menahan beban masih sangat kurang karena kekuatan putusnya sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan asam oleat justru menurunkan

sifat mekanik dari bioplastik itu untuk menahan beban dan perpanjangan saat putusnya.

Tabel 4. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de Banana*

No.	Sampel	<i>Tensile strength</i> (MPa)	<i>elongation at break</i> (%)	Modulus <i>Young</i> (Mpa)
1.	Bioplastik <i>nata de Banana</i> tanpa penambahan asam oleat dan gliserol	2,4260	10,0886	0,2404
2.	Bioplastik <i>nata de Banana</i> dengan penambahan asam oleat	1,1900	6,7867	0,1753
3.	Bioplastik <i>nata de Banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 1%	3,1167	7,6755	0,4066
4.	Bioplastik <i>nata de Banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%	4,5268	7,9377	0,5703
5.	Bioplastik <i>nata de Banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 3%	6,4829	6,2476	1,0376

Bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 1% mengalami kenaikan dalam perpanjangan saat putus dan kekuatan putusnya yaitu dari 1,19 N/m² menjadi 3,1167 N/m². Dengan adanya asam oleat dan gliserol pada pembuatan bioplastik *nata de banana* dapat mempengaruhi sifat mekaniknya. Hal itu menunjukkan bahwa ada sebagian dari asam oleat maupun gliserol yang berinteraksi atau terdispersi ke molekul *nata de banana*, sehingga mampu mempengaruhi sifat mekaniknya.

Bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2% lebih meningkat sifat mekaniknya, dengan terjadinya kenaikan kekuatan putus yang semula $3,1167 \text{ N/m}^2$ menjadi $4,5268 \text{ N/m}^2$, begitu juga dengan perpanjangan saat putus dari $7,6754 \text{ N/m}^2$ menjadi $7,9377 \text{ N/m}^2$. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa penambahan gliserol yang semakin banyak membuat sifat mekanik dari bioplastik *nata de banana* semakin meningkat pula. Begitu juga dengan bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 3% mengalami kenaikan kuat putus dan perpanjangan saat putusnya. Namun bioplastik ini masih kurang layak digunakan sebagai plastik karena warnanya kurang transparan dibandingkan dengan yang lainnya.

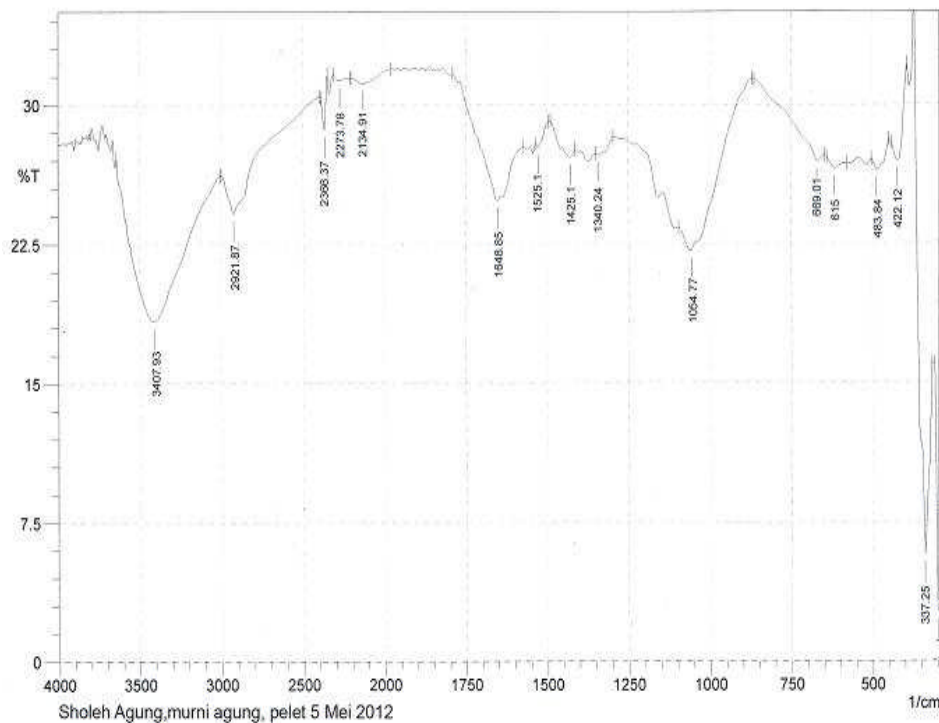
Satu data lagi yang mampu menunjukkan sifat dari bioplastik adalah nilai modulus Young. Modulus Young menunjukkan sifat kekakuan dari suatu sampel. Nilai modulus Young yang tinggi menunjukkan bahwa sampel bioplastik sangat kaku. Gambar 13 menunjukkan bahwa bioplastik yang sangat kaku adalah bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 3%.

Berdasarkan pembahasan karakter bioplastik yang dihasilkan, maka dapat diketahui bahwa bioplastik *nata de banana* yang memiliki sifat paling menyerupai plastik adalah bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%. Sehingga bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2% selanjutnya diuji lebih lanjut karakternya menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya

dan uji biodegradasi untuk mengetahui pengurangan massa dan laju pengurangan massanya.

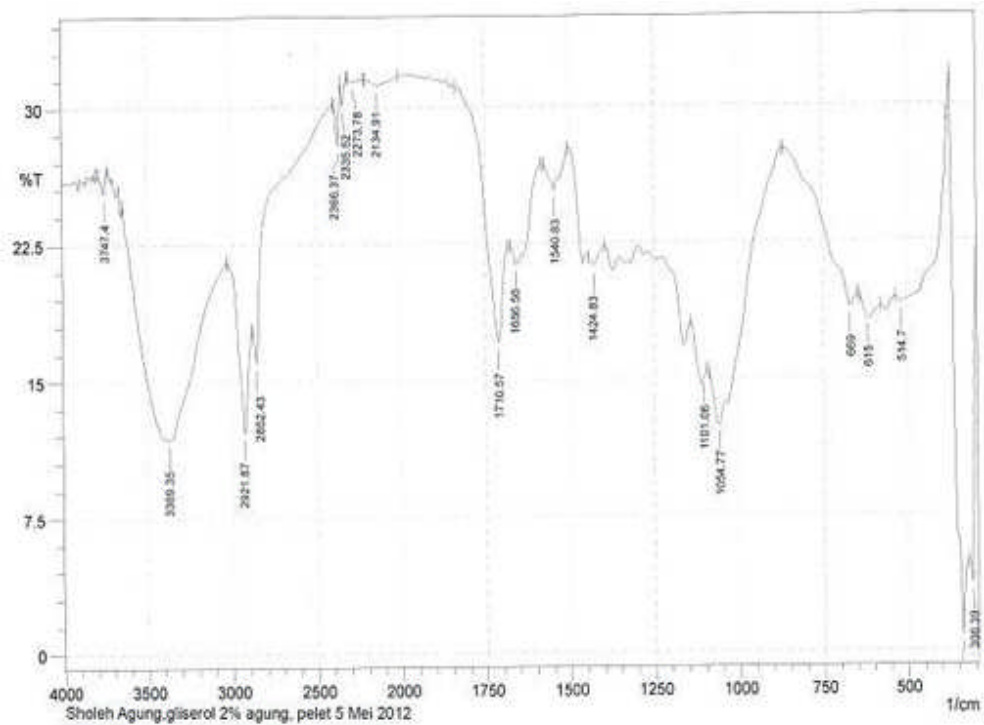
2. Hasil Karakterisasi Gugus Fungsi Bioplastik *Nata de banana*

Uji FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi bioplastik *nata de banana* yang dihasilkan. Hasil FTIR tersebut dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15 serta Tabel 5.



Gambar 14. Spektrum FTIR Bioplastik *Nata de banana* Sebelum Biodegradasi

Hasil pengamatan gugus fungsi yang muncul dalam spectrum Spektrum FTIR Bioplastik *Nata de banana* sebelum biodegradasi adalah hidroksi (-OH) pada daerah 3407,93 cm⁻¹, C-H alifatik pada daerah 2921,87 cm⁻¹ dan C-O-glikosidik pada daerah 1054,77 cm⁻¹



Gambar 15. Spektrum FTIR Bioplastik *Nata de Banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Sebelum Biodegradasi

Tabel 5. Hasil Uji FTIR Bioplastik *Nata de banana*

No.	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	
		Tanpa Penambahan	Dengan Penambahan Asam Oleat 1,5% dan glisrol 2%
1.	3407.93	-OH	-OH
2.	2921.87	C-H Alifatik	C-H Alifatik
3.	2366.37	CO_2	CO_2
4.	1709,52	-	CO carbonil
5.	1648.85	-C=C-	-C=C-
6.	1054.77	C-O-Glikosidik	C-O-Glikosidik
7.	615	C-C	C-C

Analisis spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari senyawa organik maupun anorganik. Dalam penelitian ini analisis spektroskopi inframerah digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam sampel bioplastik *nata de banana*. Bioplastik merupakan selulosa yang tersusun dari monomer ulang glukosa, sehingga dimungkinkan adanya beberapa gugus fungsi yang khas dari selulosa tersebut, seperti gugus hidroksi (-OH) dan ikatan C-O glikosidik.

Bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol, yang terlihat pada Gambar 14, terdapat beberapa puncak vibrasi yang khas dari suatu molekul selulosa, seperti gugus fungsi hidroksil (-OH) pada daerah $3407,93\text{ cm}^{-1}$, C-H alifatik pada daerah $2921,87\text{ cm}^{-1}$ dan C-O-glikosidik pada daerah $1054,77\text{ cm}^{-1}$. Begitu juga bioplastik yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2% tidak mengalami perubahan gugus fungsi jika dibandingkan dengan bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol, yang ditunjukkan pada Tabel 5. Namun bila dilihat berdasarkan Gambar 15, ternyata gugus fungsi bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan pemlastis asam oleat dan gliserol 2%, terjadi peningkatan puncak vibrasi, seperti pada puncak vibrasi $3407,93\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi hidroksi (-OH), C-H alifatik pada puncak vibrasi $2924,09\text{ cm}^{-1}$ dan munculnya gugus fungsi CO karbonil pada puncak vibrasi $1709,52\text{ cm}^{-1}$. Dengan demikian dapat diketahui bahwa pemastis asam oleat dan gliserol berinteraksi dengan molekul selulosa bioplastik *nata de banana*, sehingga mampu mempengaruhi hasil analisis gugus fungsinya.

D. Kemudahan Biodegradasi Bioplastik *Nata de Banana*

1. Pengurangan Massa dan Laju Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de banana*

Uji biodegradasi bioplastik *nata de banana* untuk menentukan kemudahan bioplastik *nata de banana* terurai di alam. Hasil biodegradasi bioplastik *nata de banana* terlihat pada Gambar 17 dan 18 serta Grafik 2.



Bioplastik *nata de banana* tanpa penambahan asam oleat dan gliserol



Bioplastik *nata de banana* dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%

Gambar 16. Bioplastik *Nata de banana* Sebelum Terbiodegradasi

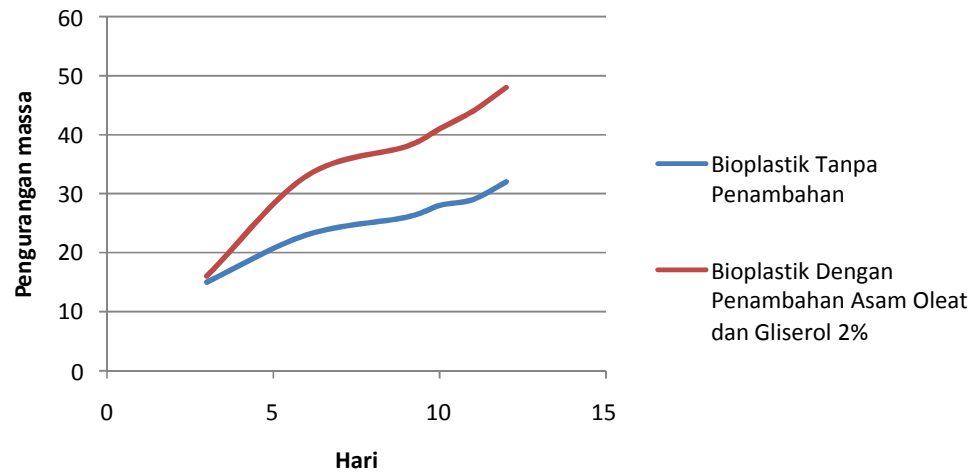


Bioplastik *nata de banana* tanpa penambahan asam oleat dan gliserol



Bioplastik *nata de banana* dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%

Gambar 17. Bioplastik *Nata de banana* Setelah Terbiodegradasi



Gambar 18. Kurva Biodegradasi Bioplastik *Nata de banana*

Biodegradasi pada prinsipnya merupakan proses pengomposan, namun tidak semua bahan di alam ini mampu terbiodegradasi secara alami. Ada beberapa syarat dari suatu bahan supaya dapat terbiodegradasi secara alami yaitu bila bahan tersebut mengandung gugus fungsi hidroksil (-OH) dan juga C=O karbonil (Ani Sutiani, 1997:30).

Bioplastik *nata de banana* tersusun dari molekul-molekul selulosa. Hasil uji spektroskopi infra merah menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (-OH) dan juga C=O karbonil setelah diberikan tambahan pemlastis. Oleh karena itu bioplastik *nata de banana* yang diperoleh dapat terurai secara alami di alam. Untuk membuktikan hal tersebut maka proses biodegradasi dilakukan dengan menggunakan tanah humus dari kotoran sapi. Berdasarkan Gambar 18 tersebut dapat disimpulkan bahwa bioplastik *nata de banana* mampu terurai secara alami di alam dan dengan bertambahnya waktu biodegradasi, persen pengurangan massa semakin meningkat pula. Proses biodegradasi bioplastik *nata de banana* dilakukan selama 12 hari sebelum bioplastik *nata de banana* habis. Setelah

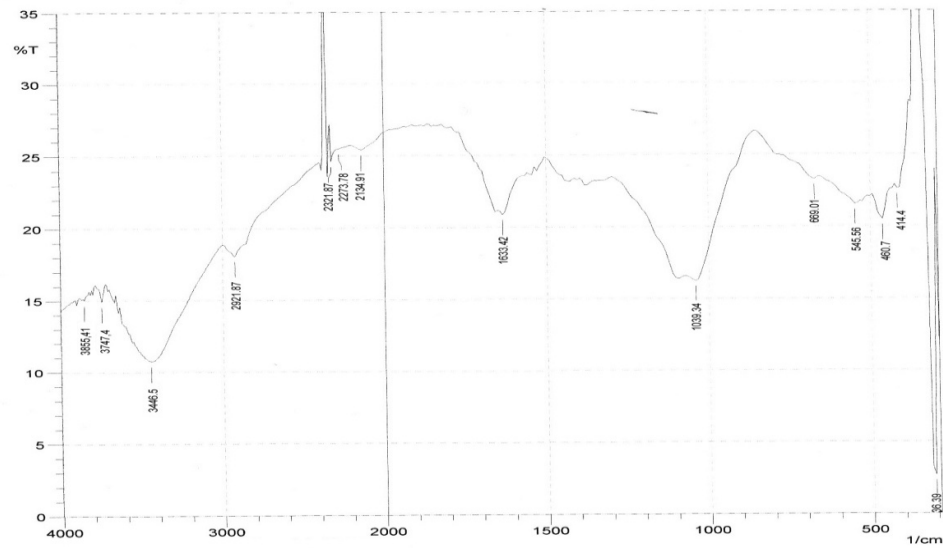
proses biodegradasi, bioplastik tersebut dilakukan uji spektroskopi inframerah. Pemilihan waktu menghentikan proses biodegradasi pada 12 hari karena dari hari ke 10, 11 dan 12 massa yang diperoleh sudah relatif konstan atau hanya terjadi pengurangan massa dalam jumlah sedikit.

Tabel 6. Laju Pengurangan massa Nata de banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%, dan 2%

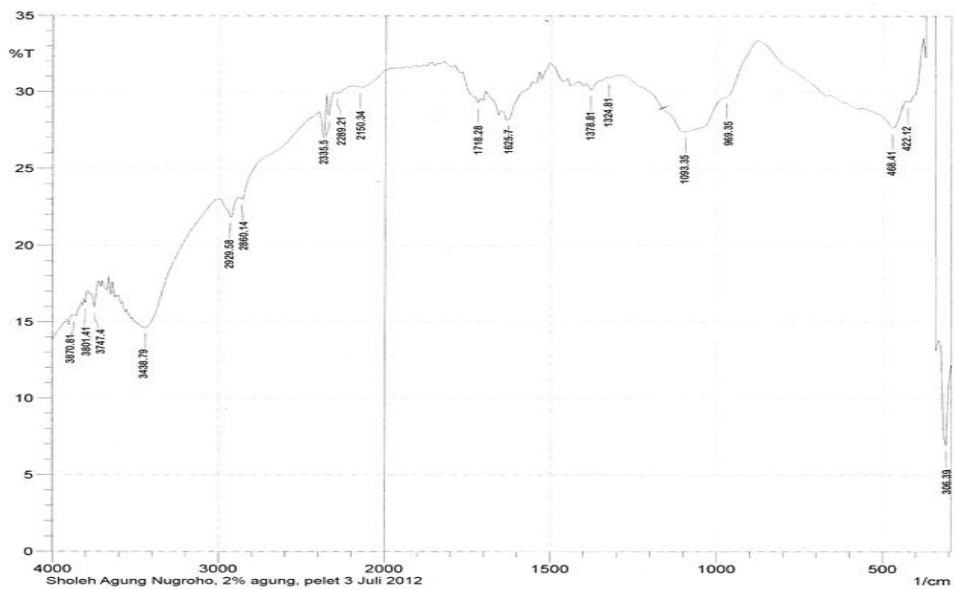
No.	Lama Biodegradasi (hari)	Laju Pengurangan massa dengan penambahan gliserol (mg/hari)	
		1%	2%
1.	3	5,5	5,3
2.	6	4,3	5,5
3.	9	3,2	4,2
4.	10	3,2	4,1
5.	11	3,0	4,0
6.	12	2,9	3,9

Laju pengurangan massa semakin menurun dengan semakin lama waktu biodegradasi,. Hal itu dimungkinkan gugus fungsi yang diuraikan oleh bakteri semakin sedikit, sehingga laju pengurangan massanya juga relatif konstan. Laju biodegradasi bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol lebih rendah daripada bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%. Jadi dengan adanya tambahan pemlastis seperti asam oleat dan gliserol mampu mempercepat terjadinya proses degradasi bioplastik *nata de banana*.

2. Hasil Karakterisasi Gugus Fungsi Bioplastik *Nata de banana* setelah Terbiodegradasi



Gambar 19. Spektrum FTIR Bioplastik *Nata de banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol Setelah Biodegradasi



Gambar 20. Spektrum FTIR Bioplastik *Nata de banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Setelah Biodegradasi.

Tabel 7. Hasil Uji FTIR Bioplastik *Nata de Banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol Setelah Biodegradasi

No.	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	
		Sebelum Biodegradasi	Setelah Biodegradasi
1.	3446.5	-OH	-OH
2.	2921.87	C-H Alifatik	C-H Alifatik
3.	1709,52	-	C=O berikatan hidrogen
4.	1633.42	C=O bebas	C=O bebas
5.	1039.34	C-O berikatan glikosidik	C-O berikatan glikosidik
6.	669.01	C-C	C-C

Hasil karakterisasi bioplastik *nata de banana* pada Gambar 21 dan 22 menunjukkan bahwa bioplastik *nata de banana* setelah terbiodegradasi memiliki gugus fungsi yang sama dengan bioplastik *nata de banana* sebelum terbiodegradasi, baik itu yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol maupun yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses biodegradasi tidak menyebabkan adanya perubahan gugus fungsi bioplastik *nata de banana*. Gugus fungsi hidroksil (-OH) bioplastik *nata de banana* sebelum terbiodegradasi dan bioplastik *nata de banana* setelah terbiodegradasi adalah gugus fungsi hidroksil (-OH) yang terikat ikatan hidrogen. Seperti yang dinyatakan oleh Clifford J Creswell dan Olaf A Runquist (1982 : 82) bahwa absorpsi gugus fungsi hidroksil (-OH) terikat ikatan hidrogen akan terlihat pada daerah 3450 – 3200 cm⁻¹ sebagai pita yang agak lebar dan kuat sedangkan gugus fungsi hidroksil (-OH) bebas akan mengabsorpsi serapan pada daerah 3700 – 3500cm⁻¹.

Karakter gugus fungsi bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol 2% sebelum terbiodegradasi dan sesudah

terbiodegradasi ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 6. Dengan melihat kedua tabel tersebut ternyata puncak vibrasi keduanya tidak memiliki perbedaan. Namun bila dilihat dari Gambar 16 dan Gambar 21, ternyata dapat diketahui bahwa ada beberapa perbedaan diantara keduanya. Bioplastik *nata de banana* yang dibuat tanpa penambahan asam oleat dan gliserol, pada puncak vibrasi $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ dari gugus hidroksil (-OH) dan $1051,07 \text{ cm}^{-1}$ C-O berikatan glikosidik misalnya, terjadi kenaikan absorbansi setelah terjadinya biodegradasi. Berbeda dengan bioplastik *nata de banana* yang dibuat dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%. Berdasarkan Gambar 16 dan Gambar 21, dapat diketahui bahwa gugus fungsi hidroksil (-OH) dan C-O berikatan glikosidik terjadi penurunan absorbansi. Dengan demikian dapat diketahui bahwa gugus fungsi hidroksil (-OH) dan C=O karbonil dibutuhkan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi untuk mikroorganisme.

DAFTAR PUSTAKA

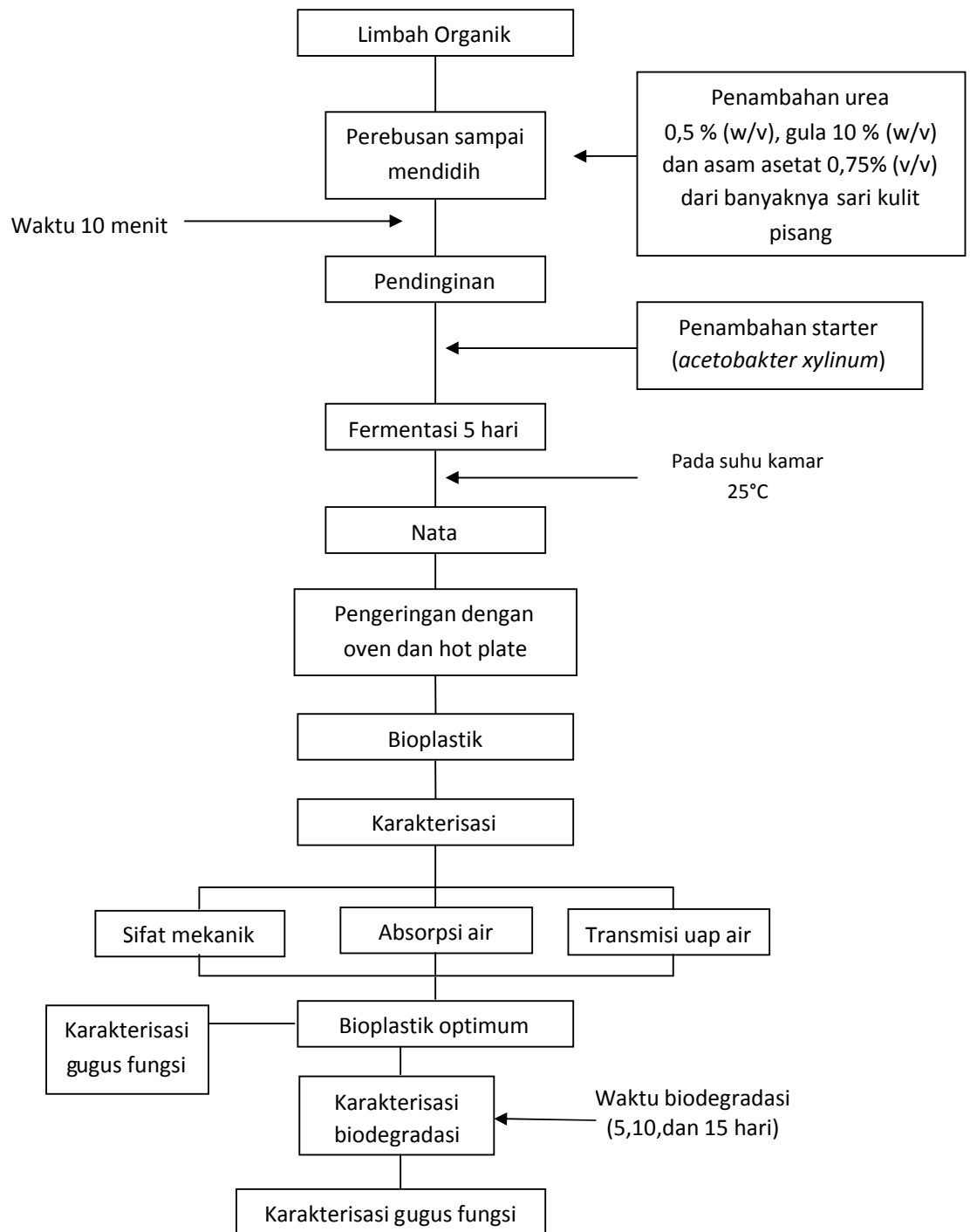
- Alexander, M. (1977). *Introduction to Soil Microbiology*. Academic Press. New York.
- AniSutiani.1997. BiodegradasiPoliblandPolistiren-Pati. *Tesis*.JurusanKimia : ITB
- Astawan, M dan M.W, Astawan. 1991. *TeknologiPengolahan Pangan NabatiTepatGuna*. AkademikaPressindo. Jakarta.
- Austin, 1985. *Shreve'sChemicalProcess Industries*, Mc Graw-Hill Book Co Tokyo.
- Bhat, S.G. 1990. *OleicAcid A ValueAddedProductFrom Palm Oil*. TheConferenceChemistryTechnology.PORIM.Kuala Lumpur.
- Carpenter, L.P. 1972.*Microbiology.Third Edition*. W.B. Sauders Company. Philadelphia-London-Toronto.
- Cesar, A.A. 1962. *Studies on the Optimum condition for "nata de coco" bacterium or "Nata" Fermentation in Coconut Water*. Philipine Agriculture, University of ThePhilipine
- Clifford, J.Creswelldan Olaf, A. Runquist.1982. *AnalisisSpektrumSenyawaOrganik*. ITB Bandung
- Collado,L.S. 1986. Nata, Processing and Problems of TheIndustry in ThePhilippines. Di dalam*ProcedingSeminaronTraditionalFoodand TheirProcessing in Asia*. Tokyo. Japan.
- Davidson A., 1970. *HandBook of Precision Engineering*. Mc. Graw Hill Book Co. Great Britain.
- Eli Rohaeti. 2010. *Pembuatan bioplastik dari limbah rumah tangga sebagai bahan edible film ramah lingkungan*. FMIPA UNY : Yogyakarta.
- Eli Rohaeti, N.M Surdia, Cynthia L. Radiman, E. Ratnaningsih. (2003). Pengaruh Jenis Polioliol Terhadap Pembentukan Poliuretana dari Monomer PEG400-MDI dan Biodegradasinya Menggunakan *Prosiding ITB Sains dan Teknologi*. Volume 35A no 2. 97-109.

- Faryda Arriani Pasaribu. 2009. *Peranan Gliserol Sebagai Plastisier dalam Film Pati Jagung dengan Pengisi Serbuk Halus Tongkol Jagung*. Skripsi. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Flin R.A. and P.K. Trojan. 1975. *Engineering Materials and Their Applications*. HonhTonMifflinCo.Boston.
- Goudung, D.U. 2004. *CatalyticEpoksidation Of MethylLindeate,J.Am. Oil.Chem.Socs*. Vol.81.No.4
- Hanafiah A, K, Anas, I, Napoleon, A., Ghoffar, A. (2005). *Biologi Tanah*. Raja GrafindoPersada. Jakarta.
- Haygreen, J.G dan J. Bowyer.(1996). "*HasilHutandanIlmuKayu*".Gajahmada University Press.Yogyakarta.
- Machrani Hasibuan. 2009. *Film Layak Makan Dari Pati Sagu Menggunakan Bahan Pengisi Serbuk Batang Sagu, dan Gliserol Sebagai Plastisier*. Skripsi. Sumatra : Universitas Sumatra Utara.
- Gonzalez-Gutierrez, J., P.Partal,M.Garcia-Morales,C.Gallegos (2010). *Development of highly transparent protein/starch-based bioplastics*. Bioresource Tehnology 101, 2007-2013.
- Nirwana. 2001. *Penelitian Pengikatan Pemlastis Asam Lemak Jenuh Dan Tak Jenuh Dalam Matriks Polivinil Clorida (PVC)*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara : Sumatra.
- Nouriedden, H. dan Medikonduru, V. 1997. *Glyserolysis Of Fats and Methyl Ester*. J. *Am.Oil.Chem.Socs*,Volume 7(4).
- Nur, C. (1997). "*PengaruhRadiasiSinar Gamma danRapat Massa Serta SifatMekanis HDPE dan LDPE*".LembagaPenelitian USU. Medan
- Nurul Huda Efendi. 2009. *Pengaruh Penambahan Variasi Massa Pati Pada Pembuatan Nata De Coco Dalam Medium Fermentasi Bakteri Acetobacter Xilynum*.Skripsi.Sumatra : Universitas Sumatra Utara.
- Pelczar M, J, Chan E, C, S. 1988. *Dasar-dasarMikrobiologi*.Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Perry, Jhon H. (Ed). 1999. *Perry's Chemical Engeneers' Handbook*. EdisiKetujuh, McGraw-Hill Book Company, New York.

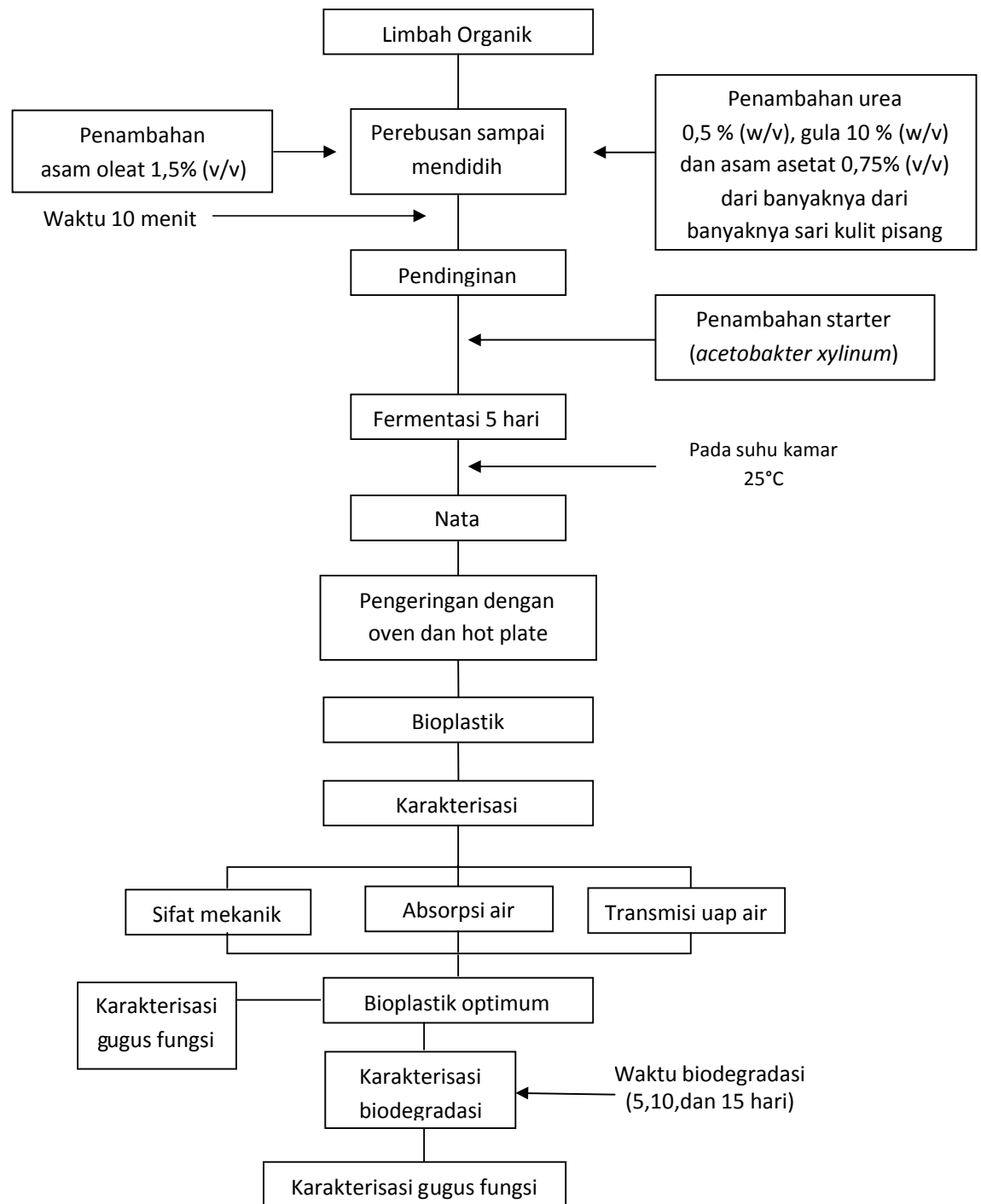
- Qiao X., Z.Tang, K.Sun.(2010). *Plasticization of corn starch by polyol mixtures*. Carbohydrate Polymers, 83, 659-664.
- Rao N, S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Rukaesih Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta : ANDI
- Sumarsih S. 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Fakultas Pertanian UPN Veteran. Yogyakarta
- Suryati, D. 1992. *Penanganan Sampah Plastik*. PDII-LIPI : Jakarta, 4-5
- Syarief.R., S. Santausadan Isyana. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan, PAU Pangandan Gizi*, IPB Bogor.
- Wirjosentono, B. 1995. Peningkatan Efektifitas Pemantap Turunan Stearat Dalam Matriks Polivinil Klorida. *Prosiding Seminar Ilmiah Lustrum ke-4 FMIPA USU*. Intan Dirja. Medan.
- Yusmarlela. 2009. *Studi Pemanfaatan Plastisiser Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu*. Skripsi. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- _____(2006). Glycerin, <http://www.pioneerthinking.com/glycerin>. Diakses pada 18 Februari 2012.
- _____(2012). *Mikroorganisme*. <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0302/28/Ilpeng/151875.htm>. Diakses pada 18 Februari 2012

F. Diagram Alur Penelitian

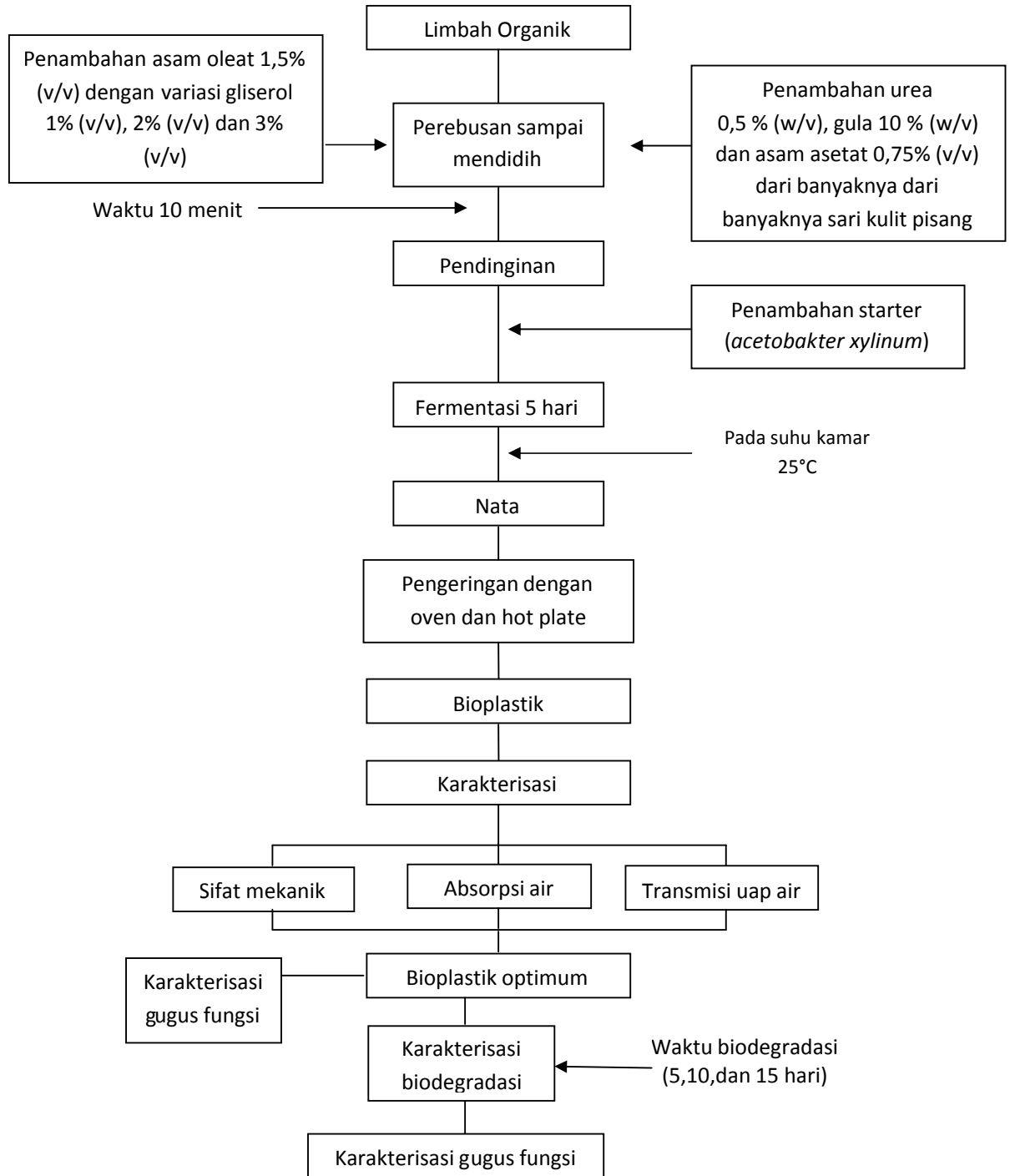
1. Pembuatan Bioplastik Nata Tanpa Penambahan gliserol dan Asam Oleat



2. Pembuatan Bioplastik Nata dengan Penambahan Asam Oleat



3. Pembuatan Bioplastik Nata dengan Penambahan Asam Oleat dan Variasi Penambahan Gliserol



Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Sifat Mekanik Bioplastik *Nata de Banana*

1. Bioplastik *Nata de Banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol

20.03.2012

Parameter table:

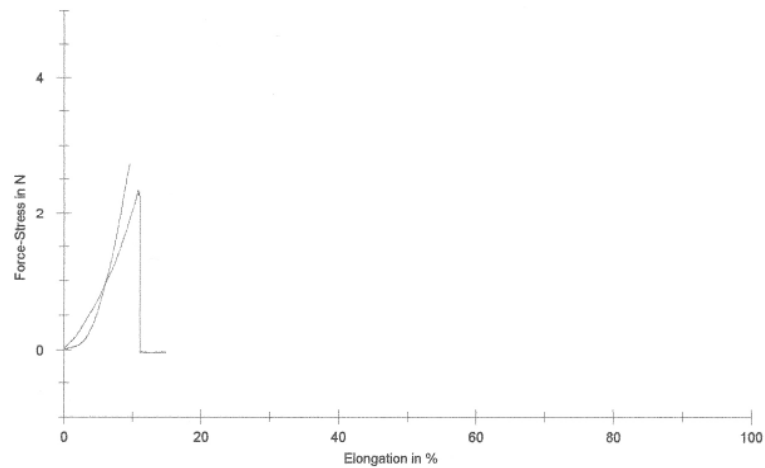
Heading :
 Company name :
 Customer : Agung
 Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
 Test standard : tensile strength
 Material : mumi

Results:

Nr	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
1	0.12	5	50	2.3204	2.3200	10.8100
2	0.133	5	50	2.7040	2.7040	9.5390

Series graphics:



Statistics:

Series n = 2	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
\bar{x}	0.1270	5	50	2.5121	2.5121	10.746
s	0.1059	0.000	0.000	0.2708	0.2708	0.9882
v	8.30	0.00	0.00	10.68	10.68	8.79

Page 1/1

2. Bioplastik *Nata de Banana* dengan Penambahan Asam Oleat

20.03.2012

Parameter table:

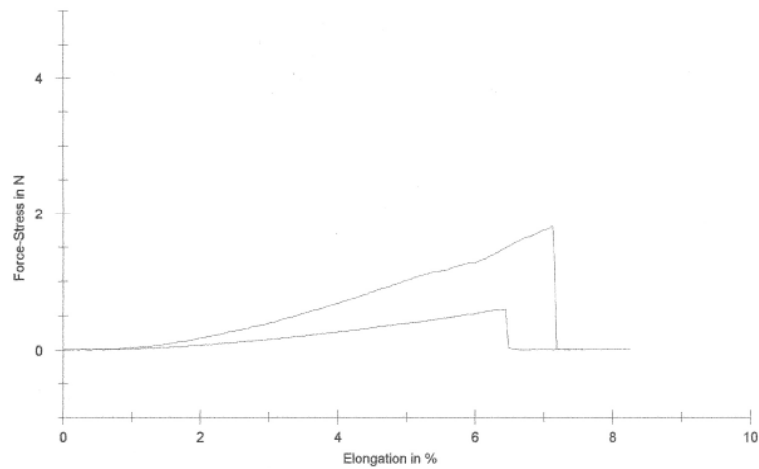
Heading :
 Company name :
 Customer : Agung
 Test speed: 10 mm/min

Tester : rachmat
 Test standard : tensile strength
 Material : asam oleat

Results:

Nr	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
1	0.11	5	50	1.7899	1.7899	7.1200
2	0.12	5	50	0.5767	0.5767	6.4190

Series graphics:



Statistics:

Series n = 2	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
\bar{x}	0.113	5	50	1.1888	1.1888	6.7745
s	0.007050	0.000	0.000	0.8399	0.8399	0.4764
v	6.13	0.00	0.00	71.41	71.41	7.19

Page 1/1

3. Bioplastik *Nata de Banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 1%

20.03.2012

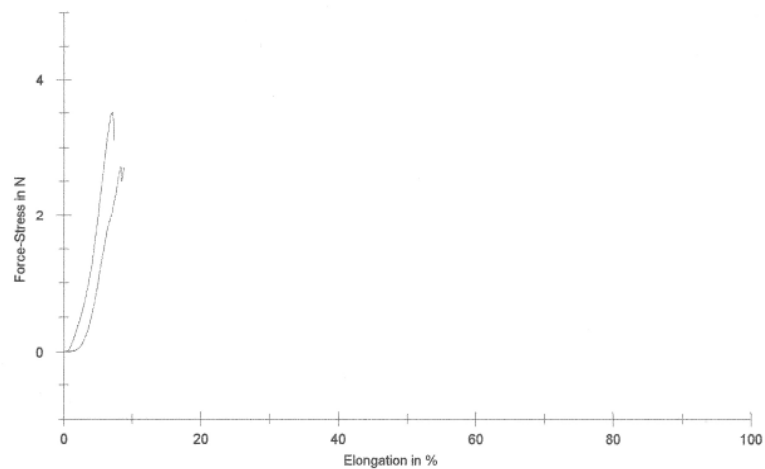
Parameter table:

Heading : Tester : rachmat
 Company name : Test standard : tensile strength
 Customer : Agung Material : gliserol 1%
 Test speed: 10 mm/min

Results:

Nr	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
1	0.11	5	50	2.7033	2.7033	8.2840
2	0.1	5	50	3.5057	3.5057	7.0425

Series graphics:



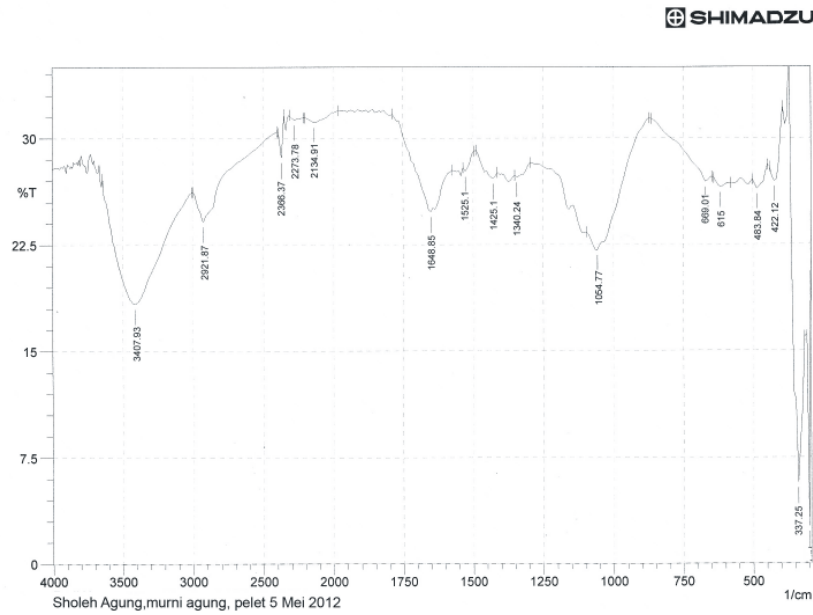
Statistics:

Series n = 2	a0 mm	b0 mm	Lc mm	FMax N	Tensile Strength N	Strain at Fmax. %
\bar{x}	0.103	5	50	3.1045	3.1045	7.6633
s	0.007050	0.000	0.000	0.5552	0.5552	0.8657
v	6.71	0.00	0.00	18.10	18.10	11.33

Page 1/1

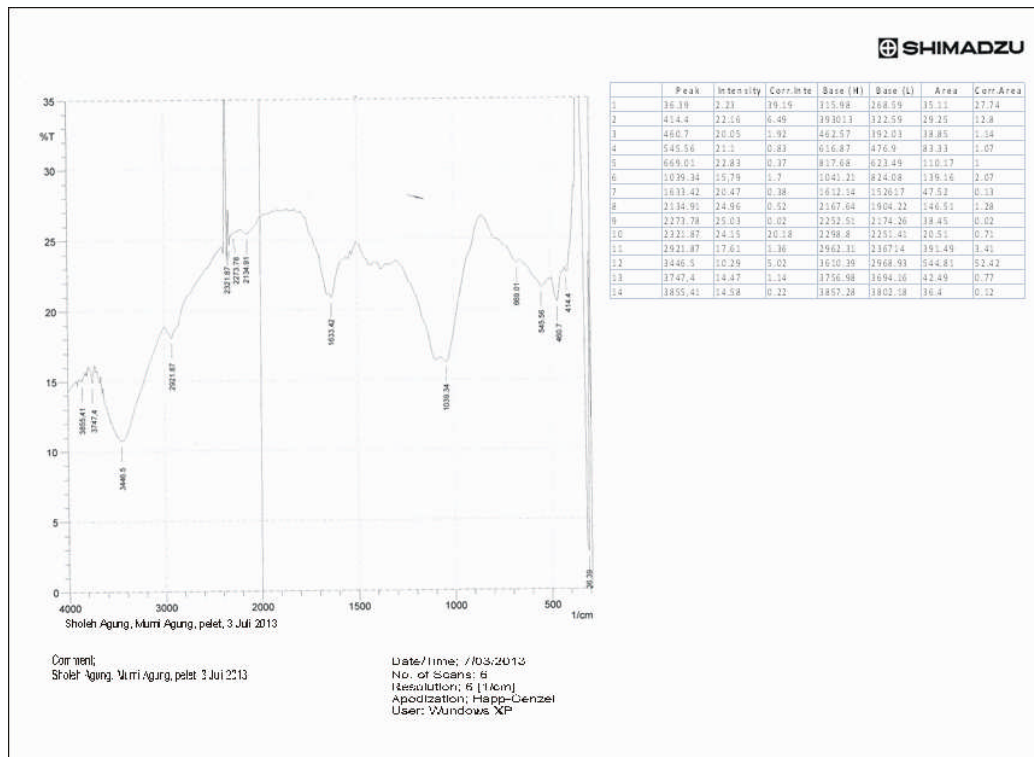
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi FTIR Bioplastik *Nata de Banana*

1. Hasil FTIR Bioplastik *Nata de Banana* tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol sebelum terbiodegradasi

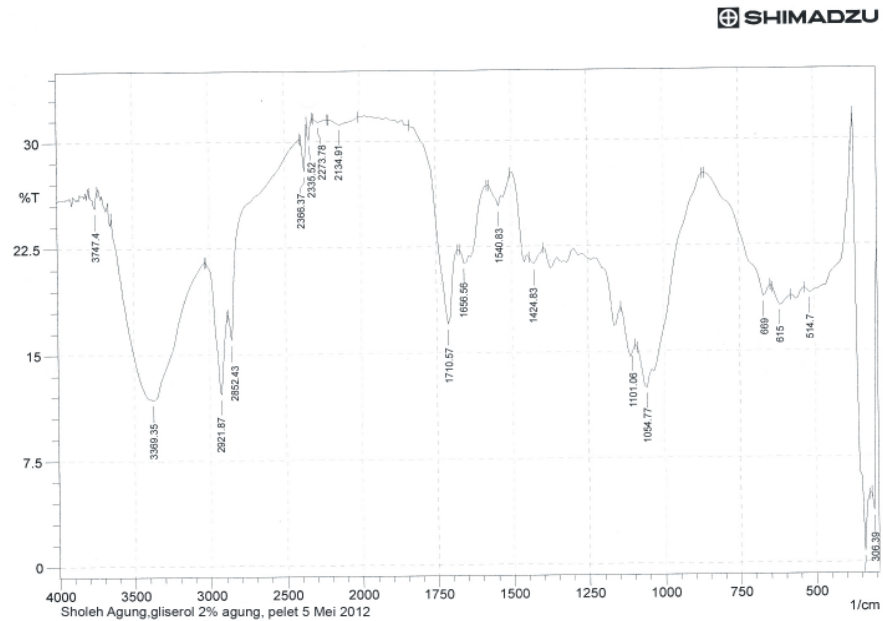


	Peak	Intensity	Corr.Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Area
1	298.68	2.192	18.22	277.4	260.87	9.498	6.794
2	337.25	5.265	19.154	339.12	284.02	43.422	16.015
3	422.12	26.515	2.321	408.56	361.27	17.975	1.177
4	483.84	25.978	0.852	470.28	415.18	23.449	0.522
5	615	26.098	0.405	609.16	546.33	28.159	0.194
6	669.01	26.46	0.707	832.9	615.77	108.726	0.401
7	1054.77	21.661	2.563	1064.36	839.51	123.21	4.301
8	1340.24	26.812	0.137	1318.96	1263.85	22.956	0.15
9	1425.1	26.712	0.645	1457.84	1379.58	35.789	0.625
10	1525.1	27.212	0.398	1504.13	1464.45	13.918	0.111
11	1648.85	24.371	4.239	1758.73	1541.6	113.631	6.51
12	2134.91	30.676	0.381	2185.36	1950.51	105.29	0.826
13	2273.78	30.838	0.181	2283.37	2181.97	43.265	0.146
14	2366.37	28.194	2.4	2360.52	2320.85	13.042	0.65
15	2921.87	23.686	2.538	2970.03	2367.14	328.453	0.657
16	3407.93	17.91	8.347	3610.39	2976.64	409.87	53.799

2. Hasil FTIR Bioplastik *Nata de Banana* tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol Setelah Terbiodegradasi

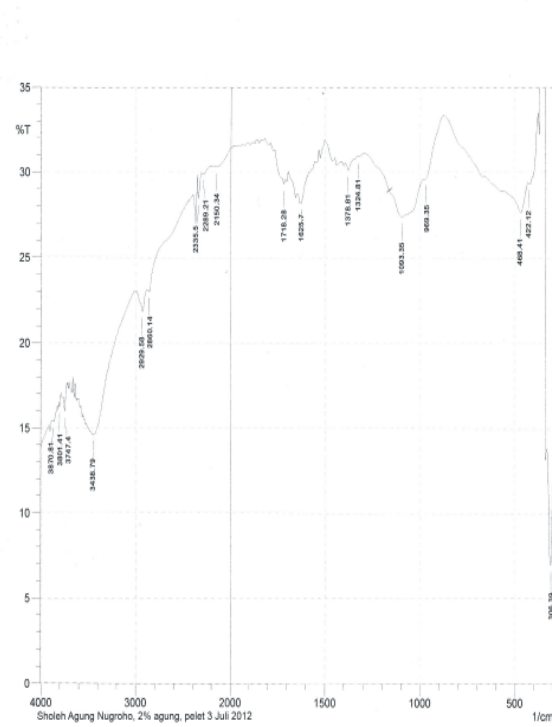


3. Hasil FTIR Bioplastik *Nata de Banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Sebelum Terbiodegradasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	306.39	3.194	7.308	285.12	260.87	14.489	2.701
2	337.25	0.325	12.905	339.12	291.73	54.725	16.571
3	514.7	18.636	1.233	501.14	345.74	97.452	9.359
4	615	17.791	0.927	609.16	546.33	37.858	0.722
5	669	18.411	1.547	832.9	615.77	129.845	1.17
6	1054.77	11.981	4.524	1056.64	839.51	148.129	8.602
7	1101.06	14.608	0.81	1110.65	1063.26	30.059	1.083
8	1424.83	20.798	0.58	1411.54	1364.15	23.484	0.29
9	1540.83	24.887	1.762	1542.7	1472.17	33.079	1.074
10	1656.56	20.987	1.602	1643	1549.32	50.918	1.821
11	1710.57	16.586	6.901	1805.02	1649.62	87.013	5.405
12	2134.91	30.765	0.317	2175.36	1981.37	89.79	0.59
13	2273.78	30.927	0.135	2275.65	2181.97	39.261	0.136
14	2335.52	29.625	1.338	2321.95	2282.27	12.456	0.31
15	2366.37	27.436	2.915	2360.52	2320.85	13.328	0.604
16	2852.43	15.561	2.319	2846.58	2367.14	271.707	0.963
17	2921.87	11.733	6.45	2993.18	2853.2	100.369	8.8
18	3369.35	11.348	11.376	3610.39	2999.79	473.73	91.914
19	3747.4	24.903	1.104	3756.98	3701.88	24.429	0.471

4. Hasil FTIR Bioplastik *Nata de Banana* dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2% Setelah Terbiodegradasi



Peak	Intensity	Corr.Int	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Ara	
1	308.39	6.49	5.93	292.79	260.88	24.21	4.07
2	422.12	28.91	0.47	140.008	353.46	16.86	0.56
3	468.41	27.2	1.54	524.26	399.75	80.17	1.35
4	869.35	29.17	0.2	948.59	847.24	42.95	0.09
5	1093.35	28.95	2.65	125.72	955.29	154.78	6.02
6	1324.81	30.48	0.07	130.349	128.988	12.4	0.02
7	1378.81	29.67	0.28	135.75	130.244	20.55	0.05
8	1625.7	27.72	0.78	161.21	152.618	37.83	0.28
9	1718.28	28.84	1.09	173.555	166.506	29.3	0.74
10	2150.34	29.84	0.2	215.988	195.824	95.82	0.62
11	2289.21	29.46	0.08	227.561	216.685	21.9164	0.04
12	2928.58	28	1.35	232.191	239.228	13.42	0.16
13	2860.14	22.55	0.23	278.054	237.16	27.013	0.07
14	2929.68	21.4	1.18	298.989	285.321	67.65	2.19
15	3438.79	14.21	1.13	346.376	297.665	34.634	3.57
16	3747.4	15.52	1.1	373.38	369.417	22.72	0.5
17	3801.41	15.62	0.6	378.781	378.361	10.87	0.06
18	3870.81	14.91	0.14	385.724	380.219	36.35	0.16

Comment:
Sholeh Agung Nugroho, 2% agung, pelet 3 Juli 2012

Date/Time: 7/3/2012 09:45:50 AM
No of Scans: 7
Resolution: 16 [1/cm]
Apodization: Happ-Genzel
User: Wundows XP

Lampiran 3. Perhitungan Modulus *Young* Bioplastik *Nata de banana*

No.	Sampel	<i>Tensile strength</i> (MPa)	<i>elongation at break</i> (%)
1.	Bioplastik <i>nata de banana</i> tanpa penambahan asam oleat dan gliserol	2,4260	10,0886
2.	Bioplastik <i>nata de banana</i> dengan penambahan asam oleat	1,1900	6,7867
3.	Bioplastik <i>nata de banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 1%	3,1167	7,6755
4.	Bioplastik <i>nata de banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 2%	4,5268	7,9377
5.	Bioplastik <i>nata de banana</i> dengan penambahan asam oleat dan gliserol 3%	6,4829	6,2476

Rumus modulus *Young*:

$$= -$$

dengan

E = modulus *Young* (MPa)

σ = kuat putus bahan (MPa)

ε = perpanjangan saat putus (%)

1. Bioplastik *nata de banan* tanpa penambahan asam oleat dan gliserol

$$E = \frac{2,4260 \text{ Mpa}}{10,0886 \%} = 0,2404 \text{ MPa}$$

2. Bioplastik *nata de banan* dengan penambahan asam oleat 1,5%

$$E = \frac{1,1900 \text{ Mpa}}{6,7867 \%} = 0,1753 \text{ MPa}$$

3. Bioplastik *nata de banan* dengan penambahan asam oleat 1,5% dan gliserol 1%

$$E = \frac{3,1167 \text{ Mpa}}{7,6755 \%} = 0,4066 \text{ MPa}$$

4. Bioplastik *nata de banan* dengan penambahan asam oleat 1,5% dan gliserol 2%

$$E = \frac{4,5268 \text{ Mpa}}{7,9377 \%} = 0,5703 \text{ MPa}$$

5. Bioplastik *nata de banan* dengan penambahan asam oleat 1,5% dan gliserol 2%

$$E = \frac{6,4829 \text{ Mpa}}{6,2476 \%} = 1,0376 \text{ MPa}$$

Lampiran 4. Hasil Biodegradasi Bioplastik *Nata de banana*

1. Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol

No	Lama Biodegradasi (hari)	Massa (g)
1.	0	0,1051
2.	3	0,0885
3.	6	0,0792
4.	9	0,0761
5.	10	0,0732
6.	11	0,0717
7.	12	0,0694

Rumus Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de banana*:

$$\text{kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

W_i = massa sampel sesungguhnya sebelum biodegradasi (g)

W_f = massa sampel sesudah dibiodegradasi (g)

a. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 3 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0885 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 16 \%$$

b. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 6 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0792 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 25 \%$$

c. Kehilangan Massa setelah Terbiodegradasi Selama 9 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0761 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 28 \%$$

d. Kehilangan Massa setelah Terbiodegradasi Selama 10 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0732 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 30\%$$

- e. Kehilangan Massa setelah Terbiodegradasi Selama 11 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0717 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 32 \%$$

- f. Kehilangan Massa setelah Terbiodegradasi Selama 12 hari

$$\frac{0,1051 \text{ g} - 0,0694 \text{ g}}{0,1051 \text{ g}} \times 100\% = 34 \%$$

2. Laju Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de banana* Tanpa Penambahan Asam Oleat dan Gliserol

Rumus Laju Pengurangan Massa Bioplastik *Nata de banana* :

$$v = \frac{W_i - W_f}{\Delta t}$$

v = laju kehilangan massa (g/hari)

Δt = waktu yang dibutuhkan untuk biodegradasi (g/hari)

- a. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 3 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,0885 \text{ g}}{3 \text{ hari}} = 0,0055 \text{ g/hari} = 5,5 \text{ mg/hari}$$

- b. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 6 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,0792 \text{ g}}{6 \text{ hari}} = 0,0043 \text{ g/hari} = 4,3 \text{ mg/hari}$$

- c. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 9 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,0761 \text{ g}}{9 \text{ hari}} = 0,0032 \text{ g/hari} = 3,2 \text{ mg/hari}$$

- d. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 10 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,0732 \text{ g}}{10 \text{ hari}} = 0,0032 \text{ g/hari} = 3,2 \text{ mg/hari}$$

- e. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 11 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,0717 \text{ g}}{11 \text{ hari}} = 0,0030 \text{ g/hari} = 3,0 \text{ mg/hari}$$

- f. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi Selama 12 hari

$$v = \frac{0,1051 \text{ g} - 0,094 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0,0029 \text{ g/hari} = 2,9 \text{ mg/hari}$$

3. Pengurangan Massa Bioplastik *Nata* de banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2%

No	Lama Biodegradasi (hari)	Massa (g)
1.	0	0,0941
2.	3	0,0781
3.	6	0,0613
4.	9	0,0562
5.	10	0,0533
6.	11	0,0497
7.	12	0,0464

- a. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 3 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0781 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 17\%$$

- b. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 6 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0613 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 35\%$$

- c. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 9 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0562 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 40\%$$

- d. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 10 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0533 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 43\%$$

- e. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 11 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0497 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 47 \%$$

- f. Kehilangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 12 hari

$$= \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0464 \text{ g}}{0,0941 \text{ g}} \times 100\% = 51 \%$$

**4. Laju Pengurangan Massa Bioplastik Nata de
banana dengan Penambahan Asam Oleat dan Gliserol 2%**

- a. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 3 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0781 \text{ g}}{3 \text{ hari}} = 0,0053 \text{ g/hari} = 5,3 \text{ mg/hari}$$

- b. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 6 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0613 \text{ g}}{6 \text{ hari}} = 0,0055 \text{ g/hari} = 5,5 \text{ mg/hari}$$

- c. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 9 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0562 \text{ g}}{9 \text{ hari}} = 0,0042 \text{ g/hari} = 4,2 \text{ mg/hari}$$

- d. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 10 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0533 \text{ g}}{10 \text{ hari}} = 0,0041 \text{ g/hari} = 4,1 \text{ mg/hari}$$

- e. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 11 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0497 \text{ g}}{11 \text{ hari}} = 0,0040 \text{ g/hari} = 4,0 \text{ mg/hari}$$

- f. Laju Pengurangan Massa Setelah Terbiodegradasi selama 12 hari

$$v = \frac{0,0941 \text{ g} - 0,0464 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0,0039 \text{ g/hari} = 3,9 \text{ mg/hari}$$