



**APLIKASI *PLASTICIZER* GLISEROL PADA PEMBUATAN  
PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI BIJI NANGKA**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

oleh

Fetty Anggarini

4350408019

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2013**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Aplikasi *Plasticizer* Gliserol Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* Dari Biji Nangka” telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 29 Januari 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Latifah, M.Si  
M.Si  
NIP. 19610107 199102 2 001

Prof. Dr. Siti Sundari M.,  
M.Si  
NIP. 19520418 198003 2 001

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Aplikasi *Plasticizer* Gliserol Pada Pembuatan Plastik  
*Biodegradable* Dari Biji Nangka

disusun oleh

Nama : Fetty Anggarini

NIM : 4350408019

telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang  
pada tanggal: 14 Februari 2013.

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si

NIP. 19631012 198803 1 001

Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP.19650723 199303 2 001

Ketua Penguji

Ir. Sri Wahyuni, M.Si

NIP. 19651228 199102 2 001

Anggota Penguji/

Pembimbing Utama

Anggota Penguji/

Pembimbing Pendamping

Dra. Latifah, M.Si

NIP. 19610107 199102 2 001

Prof. Dr. Siti Sundari M.,M.Si

NIP. 19520418 198003 2 001

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 30 Januari 2013

Fetty Anggarini  
NIM. 4350408019

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO:**

- Allah SWT tidak akan menimpakan cobaan kepada hamba-Nya kecuali hamba tersebut Dianggap mampu menanggungnya, dan cobaan itu merupakan bentuk Kasih sayang-Nya untuk memperkokoh imannya.
- Untuk melakukan sesuatu yang baik dan mendapatkan hasil yang baik, maka pondasi niat yang mendasarinya haruslah kuat.

### **PERSEMBAHAN**

Untuk Ayahandaku Dwi Wanto,SE

Untuk Ibundaku Sarti

Untuk Adik-adikku Dina Febriana P. dan Bayu Dewanto

Untuk Kasihku Muh. Khoirul Hidayat

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul Aplikasi Gliserol Sebagai *Plasticizer* Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* Dari Biji Nangka.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
4. Ir. Sri Wahyuni, M.Si selaku penguji utama yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahannya dalam penyempurnaan skripsi
5. Dra. Latifah, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
6. Prof. Dr. Siti Sundari Miswadi, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan motivasi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menjalani studi

8. Ibu Martin Sulistiyani dan seluruh Laboran Laboratorium Kimia FMIPA UNNES atas bantuan selama pelaksanaan penelitian
9. Kedua orangtua serta keluarga atas doa dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi
10. Muh. Khoirul Hidayat atas segala dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Arie Fitry Apriyanti dan Big Family of Chemistry 2008 yang telah menemani dan menyemangati selama penulis menjalani studi
12. Semua pihak yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Semarang, 1 Februari 2012

Penulis

## ABSTRAK

Anggarini, Fetty. 2013. *Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dra. Latifah, M.Si dan Pembimbing Pendamping Prof. Dr. Siti Sundari M., M.Si.

Kata Kunci: *plasticizer* gliserol, plastik *biodegradable*, biji nangka

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan biji nangka untuk pembuatan plastik *biodegradable* dengan menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui formula terbaik bahan-bahan pembuat plastik *biodegradable* yang mendekati sifat plastik SNI, mengetahui pelarut yang menghasilkan plastik dengan sifat yang mendekati sifat plastik SNI serta mengetahui hasil uji karakteristik plastik yang dibuat. Pelarut yang digunakan adalah aquades dan pentanol, sedangkan gliserol yang ditambahkan, divariasi 20%, 25% dan 30% dari berat pati. Formulasi terbaik dari bahan-bahan pembuat plastik yang mendekati sifat plastik SNI, yaitu kuat tarik 24,7-302 MPa, elongasi 21-220% dan hidrofobisitas 99%, dihasilkan oleh campuran pati-gliserol 20%. Campuran pati-aquades-gliserol 20% menghasilkan plastik dengan nilai kuat tarik sebesar 58,83 MPa, elongasi 22,5%, hidrofobisitas 79,02%, dan terdegradasi 54% dalam waktu 6 hari dengan degradabilitas 7,4 mg/hari. Hasil analisis gugus fungsional masing-masing plastik menunjukkan adanya gugus ester dan karboksil yang menandakan, bahwa plastik yang dihasilkan bersifat *biodegradable*.



## ABSTRACT

Anggarini, Fetty. 2013. *Application of Glycerol as Plasticizer in Fabrication of Biodegradable Plastics from Jackfruit Seeds*. Thesis, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and natural Sciences Semarang State University. Main Supervisor Dra. Latifah, M.Si and Supervising Companion Prof. Dr. Siti Sundari M., M.Si.

Key Words: plasticizer glycerol, biodegradable plastic, jackfruit seeds

Used of jackfruit seeds in fabrication biodegradable plastics with plasticizer glycerol had studied. The purpose of this research are for knowing the best formula of biodegradable plastic ingredients which is approximate to the characteristic of SNI plastic, knowing the solvent which is approximate to the characteristic of SNI plastic and knowing the characterization of this plastic. Characteristic of SNI plastic are 24,7-302 MPa of tensile strength, 21-220% elongation and 99% hydrofobic. The solvent used in this research are water and pentanol, also various glycerol at 20%, 25% and 30% from the starch weight. The best formula is starch-water-glycerol 20%. This formula produce plastic with 58,83 MPa of tensile strength, 22,5% elongation, 79,02% hidrofobic and degraded 54% in 6 days with degradability 7,4 mg/day. Analysis result of functional groups each plastic showing that there are ester and carboxyl groups which indiated that this plastic is biodegradable.

## DAFTAR ISI

Isi	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Plastik <i>Biodegradable</i> .....	5
2.2. Pati Biji Nangka.....	9
2.3. Gliserol Sebagai <i>Plasticizer</i> .....	13
2.4. Pentanol Sebagai Pelarut .....	14
2.5. Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i> .....	16
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	20
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	20
3.2. Variabel Penelitian .....	20

	<b>Halaman</b>
3.3. Bahan dan Alat Penelitian .....	21
3.4. Prosedur Penelitian .....	21
3.4.1 Pembuatan Tepung pati Biji Nangka .....	21
3.4.2 Pembuatan Plastik dengan Pelarut Air .....	21
3.4.3 Pembuatan Plastik dengan Pelarut Pentanol .....	22
3.4.4 Karakterisasi Plastik .....	22
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	<b>25</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	25
4.1.1 Pembuatan Tepung Pati Biji Nangka .....	25
4.1.2 Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i> .....	26
4.1.3 Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi .....	26
4.1.4 Uji Ketahanan Air .....	27
4.1.5 Uji Biodegradabilitas .....	28
4.1.6 Analisis Gugus Ujung .....	28
4.2 Pembahasan .....	29
4.2.1 Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi .....	29
4.2.2 Uji Ketahanan Air .....	34
4.2.3 Uji Biodegradabilitas .....	36
4.2.4 Uji Fourier Transform Infra Red (FTIR) .....	38
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>41</b>
5.1. Simpulan .....	41
5.2. Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>46</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI .....	5
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Biji Nangka .....	10
Tabel 2.3. Perbandingan Sifat Antara Air dan Pentanol .....	15
Tabel 2.4. Perkiraan Serapan Gugus Plastik <i>Biodegradable</i> .....	17
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Ketebalan Film Plastik Yang Dihasilkan.....	26
Tabel 4.2. Pengaruh Pelarut dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Kuat Tarik	27
Tabel 4.3. Pengaruh Pelarut dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Persen Elongasi .....	27
Tabel 4.4. Pengaruh Pelarut dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Ketahanan Air .....	27
Tabel 4.5. Pengaruh Pelarut dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Kehilangan Berat Plastik Dalam Waktu Uji 6 Hari.....	28
Tabel 4.6. Karakterisasi FTIR Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka Dengan Pelarut Pentanol .....	28
Tabel 4.7. Karakterisasi FTIR Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka Dengan Pelarut Pentanol .....	29

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1. Gunung Sampah TPA Kupang Jabon .....	1
Gambar 2.1. Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoplast ....	6
Gambar 2.2. Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoset .....	6
Gambar 2.3. Susunan Kimia Amilosa .....	10
Gambar 2.4. Susunan Kimia Amilopektin .....	11
Gambar 2.5. Perkiraan Reaksi Polimerisasi .....	12
Gambar 2.6. Struktur Kimia Gliserol .....	15
Gambar 2.7. Struktur Kimia Pentanol .....	15
Gambar 2.8. Skema Komponen Dasar FTIR .....	16
Gambar 4.1. Spektra FTIR Tepung Pati Biji Nangka .....	25
Gambar 4.2. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades dan Pentanol Terhadap Kekuatan Tarik .....	29
Gambar 4.3. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades dan Pentanol Terhadap Persen Elongasi .....	30
Gambar 4.4. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades dan Pentanol Terhadap Ketahanan Air Pada Plastik .....	34
Gambar 4.5. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades dan Pentanol Terhadap Kehilangan Berat Plastik .....	36
Gambar 4.6. Perbandingan Spektra FTIR (A) Aquades-Gliserol 20% , (B) Aquades-Gliserol 25%, (C) Aquades-Gliserol 30% .....	38
Gambar 4.6. Perbandingan Spektra FTIR (D) Pentanol-Gliserol 20%, (E) Pentanol-Gliserol 25%, (F) Pentanol-Gliserol 30% .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>Halaman</b>
Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	46
Lampiran 2.	Analisis Data Uji Kuat Tarik.....	51
Lampiran 3.	Analisis Data Persen Elongasi .....	56
Lampiran 4.	Analisis Data Uji Ketahanan Air .....	57
Lampiran 5.	Analisis Data Uji Biodegradabilitas .....	59
Lampiran 6.	Analisis Gugus Fungsi .....	61
Lampiran 7.	Dokumentasi .....	64

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Sampah telah menjadi salah satu masalah utama masyarakat, terutama karena sampah yang tidak mudah terurai jumlahnya semakin meningkat, antara lain sampah plastik. Untuk DKI Jakarta saja, tercatat timbunan sampah mencapai 6.594,72 ton per hari per Januari 2009 (Kurniawan, 2010).

Misalnya saja, di Sidoarjo seperti yang diberitakan di kabarsidoarjo.com, tumpukan sampah di tempat pembuangan sampah akhir (TPA) Kupang sudah jebol, karena sudah tidak bisa lagi menahan muatan sampah yang semakin banyak setiap hari dan sampah-sampah tersebut tidak diolah lebih lanjut.



Gambar 1.1. Gunung Sampah TPA Kupang Jabon.  
Sumber: Abidin, 2011

Produk plastik sintetik membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun agar dapat terdegradasi sempurna (Kumar, dkk., 2011). Saat terurai, partikel-partikel plastik akan mencemari tanah dan air tanah. Jika dibakar, sampah plastik akan menghasilkan asap beracun yang berbahaya bagi kesehatan, yaitu jika proses

pembakarannya tidak sempurna, plastik akan mengurai di udara sebagai dioksin (Kurniawan, 2010).

Plastik merupakan bahan kimia sintetik yang bersifat ringan, kuat, dan elastis. Namun plastik juga memiliki sifat tidak mudah terurai, sehingga mencemari lingkungan apabila penanganannya tidak tepat. Saat ini dilakukan berbagai upaya dan inovasi untuk mengurangi dampak sampah plastik, diantaranya dengan proses daur ulang plastik dan pengembangan plastik ramah lingkungan. Plastik juga tidak baik digunakan sebagai pembungkus makanan secara langsung. Plastik termoplast, yaitu plastik yang bersifat elastis namun tidak tahan panas, telah digunakan secara luas oleh masyarakat sebagai pembungkus makanan walaupun makanan tersebut masih dalam keadaan panas. Dalam kondisi panas, polimer plastik dapat terurai menjadi monomernya. Molekul-molekul monomer inilah yang berbahaya bagi kesehatan.

Plastik sintetik tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga disebut *non-biodegradable* (Borghei, dkk., 2010). Plastik *non-biodegradable* tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur di dalam tanah, menyebabkan terjadinya penumpukan limbah dan mengakibatkan pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (Sanjaya dan Tyas, 2009). Plastik *non-biodegradable* yang dibuat dari minyak bumi sulit terdegradasi karena memiliki berat molekul yang sangat tinggi dan kereaktifan yang rendah (Thakor, dkk., 2005).

Pengembangan plastik *biodegradable* telah banyak dilakukan, terutama dengan bahan-bahan alam yang mengandung pati dalam persentase yang cukup



banyak. Bahan alam yang sering digunakan sebagai penelitian adalah singkong. Penambahan CMC (*carboxymethyl cellulose concentration*) pada *edible* film singkong mampu meningkatkan kekuatan tegangan dan mengurangi perpanjangan patahan pada film (Tongdeesoontorn, dkk., 2011). Selain singkong, diteliti pula *edible* film dari biji kecipir dan tapioka yang cukup potensial sebagai bahan *biodegradable* film (Poeloengasih, dkk., 2003).

Walaupun penggunaan berbagai bahan dengan kandungan pati yang tinggi telah terbukti efektif dan menghasilkan plastik dengan kualitas yang diharapkan, namun bahan-bahan alam tersebut ternyata merupakan bahan yang masih digunakan oleh masyarakat luas sebagai salah satu makanan pokok pengganti nasi, misalnya kentang dan singkong, sehingga perlu dicari suatu bahan yang mengandung pati tetapi tidak berasal dari bahan pangan pokok. Dengan melihat perkembangan penelitian tentang plastik *biodegradable* yang umumnya menggunakan bahan-bahan alam dengan kandungan pati, maka akan diteliti formula *biodegradable* plastik yang bahan utamanya adalah biji nangka. Biji nangka dipilih sebagai bahan pembuat plastik karena selain kandungan patinya yang cukup tinggi, biji nangka ini juga bukan termasuk bahan utama makanan pokok pengganti nasi.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana formula terbaik bahan-bahan pembuat plastik dari biji nangka sehingga menghasilkan plastik yang mendekati sifat plastik sesuai SNI?

2. Pelarut manakah yang menghasilkan plastik dengan sifat yang mendekati sifat plastik sesuai SNI?
3. Bagaimanakah hasil uji karakteristik plastik *biodegradable* dari biji nangka yang dihasilkan oleh formula terbaik?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui formula terbaik dari bahan-bahan pembuat plastik *biodegradable* dari tepung pati biji nangka untuk menghasilkan plastik dengan sifat yang mendekati sifat plastik sesuai SNI
2. Mengetahui pelarut yang menghasilkan plastik dengan sifat yang mendekati sifat plastik sesuai SNI
3. Mengetahui hasil uji karakteristik plastik *biodegradable* dari biji nangka yang dihasilkan oleh formula terbaik.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat ikut serta membantu pengembangan ilmu pengetahuan tentang pembuatan bioplastik dengan bahan dasar tepung pati biji nangka
2. Dapat digunakan sebagai salah satu dasar pengembangan dan penyempurnaan bioplastik tepung pati biji nangka.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Plastik *Biodegradable*

##### 2.1.1. Plastik

Kata “plastik” digunakan untuk menyebutkan sejumlah besar material organik sintesis yang kebanyakan merupakan polimer termoplastik dan termoset yang mempunyai massa molekul besar dan dapat dibuat menjadi benda, film, atau filament. Plastik *biodegradable* dapat terbentuk dari pati, selulosa, PLA (poli asam laktat), PHA (poli hidroksi alkanolat), dan protein (Mooney, 2009).

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 2.1.

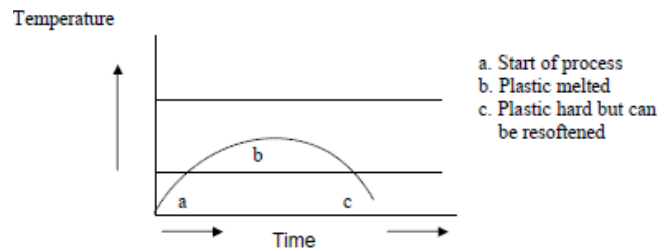
Tabel 2.1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

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

Sumber: Darni dan Herti (2010)

Polimer adalah suatu bahan yang terdiri atas unit molekul yang disebut monomer. Polimer alam yang telah dikenal diantaranya selulosa, protein, dan karet alam. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu

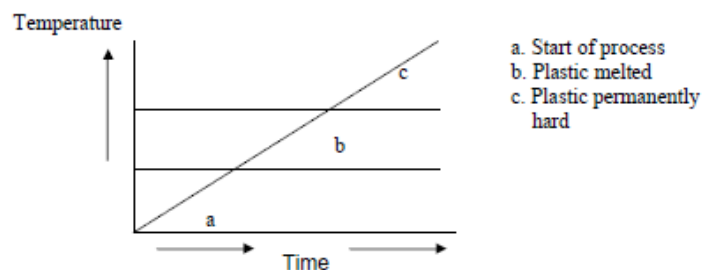
- a. Plastik termoplastik, yaitu plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas, antara lain polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon.



Gambar 2.1. Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoplas (Sumber: Mujiarto, 2005)

Plastik termoplas bersifat lentur, mudah terbakar, tidak tahan panas, dan dapat didaur ulang. Plastik termoplas memiliki rantai lurus (Mujiarto, 2005).

- b. Plastik termoset, yaitu plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi, antara lain PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), dan *polyester*. Plastik termoset bersifat kaku, tidak mudah terbakar, tahan terhadap suhu tinggi, dan berikatan *cross-linking* (Mujiarto, 2005).



Gambar 2.2. Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Sifat Fisik Termoset (Sumber: Mujiarto, 2005)

### 2.1.2. Plastik *Biodegradable*

*Biodegradable* berasal dari kata *bio* dan *degradable*. *Bio* berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat diuraikan. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang digunakan layaknya seperti plastik sintetik, namun

akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* adalah bahan yang mampu mengalami dekomposisi menjadi karbondioksida, metana, senyawa anorganik atau biomasa yang mekanismenya didominasi oleh aksi enzimatik dari mikroorganisme yang bisa diukur dengan pengujian standar, dalam waktu spesifik, mencerminkan kondisi penggunaan yang tersedia (Seigel & Lisa, 2007).

Plastik berbahan dasar tepung pati (amilum) dan polisakarida telah diproduksi oleh beberapa perusahaan dunia. Plastik *starch-based* ini seringkali bersifat menyerap air sehingga semakin mudah didegradasi. Beberapa plastik terdiri atas tepung pati saja, ada juga yang memadukan tepung pati dengan komponen *biodegradable* lain. Plastik ini dibentuk dari bahan-bahan alam yang dapat diperbaharui daripada dibuat dari bahan bakar fosil yang sulit diperbaharui (Selke, 2006).

Degradasi (*degradation*) merupakan proses satu arah (*irreversible*) yang mengarah pada perubahan signifikan dari suatu struktur material, dengan cara kehilangan komponen, misalnya berat molekul atau berat struktur, disertai dengan pemecahan (*fragmentation*). Degradasi disebabkan oleh kondisi lingkungan dan terjadi dalam satu tahap atau lebih, sedangkan plastik *biodegradable* menunjukkan keadaan plastik yang terdegradasi sebagai hasil dari aktivitas alam yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan alga. Plastik *biodegradable* dapat terdegradasi oleh lingkungan tertentu misalnya tanah, kompos, atau lingkungan perairan (Seigel dan Lisa, 2007).

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi plastik *biodegradable* selain menghasilkan karbondioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik dan aldehid sehingga plastik ini aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik sintetik membutuhkan waktu sekitar 100 tahun agar dapat terdekomposisi oleh alam, sementara plastik *biodegradable* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan ternak atau sebagai pupuk kompos. Plastik *biodegradable* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia yang berbahaya (Huda & Feris, 2007).

Ungkapan plastik *biodegradable* merujuk pada serangan mikroorganisme pada material berbasis polimer yang tidak larut dalam air, yaitu plastik. Oleh karena kurang larut dalam air dan ukuran molekul polimer, mikroorganisme tidak mampu berpindah dalam material polimer secara langsung kedalam sel sebagai tempat sebagian besar proses biokimia (Sharma, dkk., 2011).

### **2.1.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biodegradabilitas Plastik**

Biodegradabilitas plastik polimer terbuat dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui sangat rendah, sehingga perlu dibuat suatu plastik yang memiliki biodegradabilitas yang tinggi setelah dipakai dan dibuang ke lingkungan. Biodegradabilitas plastik, misalnya PHA (polihidroksilalkanoat) ditentukan oleh banyak faktor, diantaranya faktor lingkungan, meliputi cuaca,

iklim, dan kelembaban udara. Faktor lainnya adalah temperatur, cahaya, pH, kandungan oksigen, kandungan air, dan keberadaan organisme pengurai. Komposisi plastik berhubungan dengan sifat biodegradabilitasnya. Kondisi permukaan (luas permukaan, hidrofob atau hidrofil), titik leleh, elastisitas, dan kristalinitas mempunyai peranan penting dalam proses biodegradasi (Tokiwa, dkk., 2009). Tanah yang mengandung bakteri dan fungi penghasil enzim depolimerisasi plastik *biodegradable* mampu mendegradasi plastik tersebut dengan cara memutuskan rantai polimernya.

ASTM (*American Society for Testing of Materials*) dan ISO (*International Standards Organization*) mendefinisikan plastik *biodegradable* sebagai plastik yang bisa mengalami perubahan signifikan dalam struktur kimia pada kondisi lingkungan yang spesifik. Plastik *biodegradable* mengalami degradasi melalui aksi natural dari jamur (fungi), bakteri, dan alga. Plastik dapat dibuat sebagai plastik *photodegradable*, *oxidative degradable*, *hydrolytically degradable*, atau dapat dikomposkan (Kumar, dkk., 2011).

## **2.2. Pati Biji Nangka**

Pati merupakan biopolimer murah yang secara biologis dapat terdegradasi sempurna membentuk karbondioksida dan air. Pati secara kimia merupakan suatu polisakarida  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Pati sukar larut dalam air dingin tetapi dalam air panas butir-butir pati akan menyerap air dan membentuk pasta.

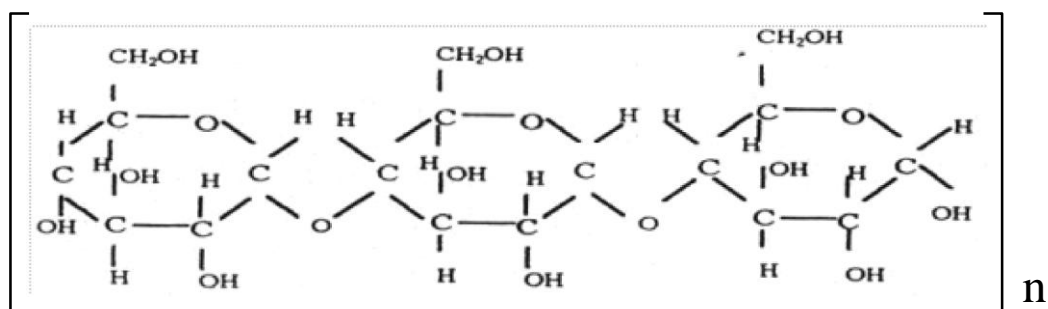
Biji nangka berpotensi sebagai sumber karbohidrat. Komposisi kimia biji nangka ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Biji Nangka Per 100 Gr

Komponen	Biji Nangka
Kalori (kal)	165
Protein (g)	4.2
Lemak (g)	0.1
Kabrohidrat (g)	36.7
Kalsium (mg)	33
Besi (mg)	200
Fosfor (mg)	1
Vitamin A (SI)	0
Vitamin B1 (mg)	0.2
Vitamin C (mg)	10
Air (g)	57.7

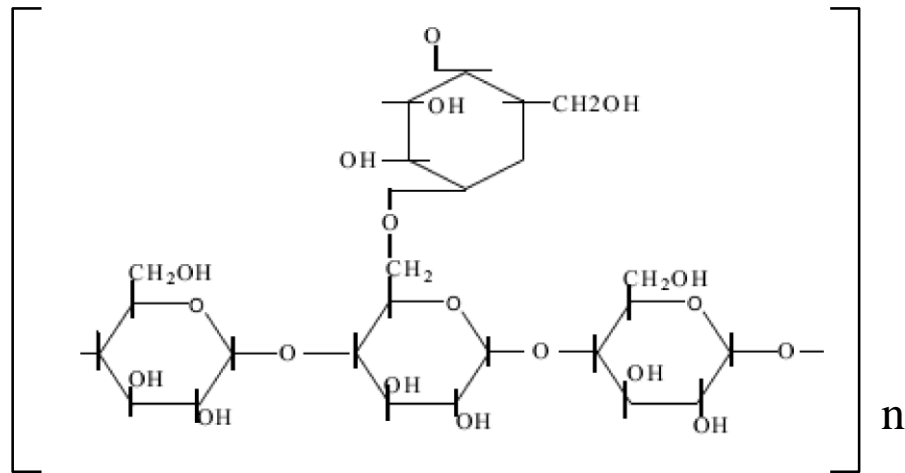
(Sumber: Fairus, dkk., 2010)

Pati biji nangka merupakan polisakarida yang tersusun dari glukosa yang saling berkaitan melalui ikatan 1-4  $\alpha$ -glukosida. Pembuatan pati dilakukan dengan ekstraksi sederhana kemudian dikeringkan dengan oven (Fairus, dkk., 2010). Dalam penelitiannya, Fairus, dkk (2010) mendapatkan hasil bahwa semakin banyak air yang digunakan untuk mengekstrak amilum dari biji nangka, maka akan semakin banyak pula endapan pati yang akan diperoleh.



Gambar 2.3. Struktur Kimia Amilosa (Fairus, dkk., 2010)





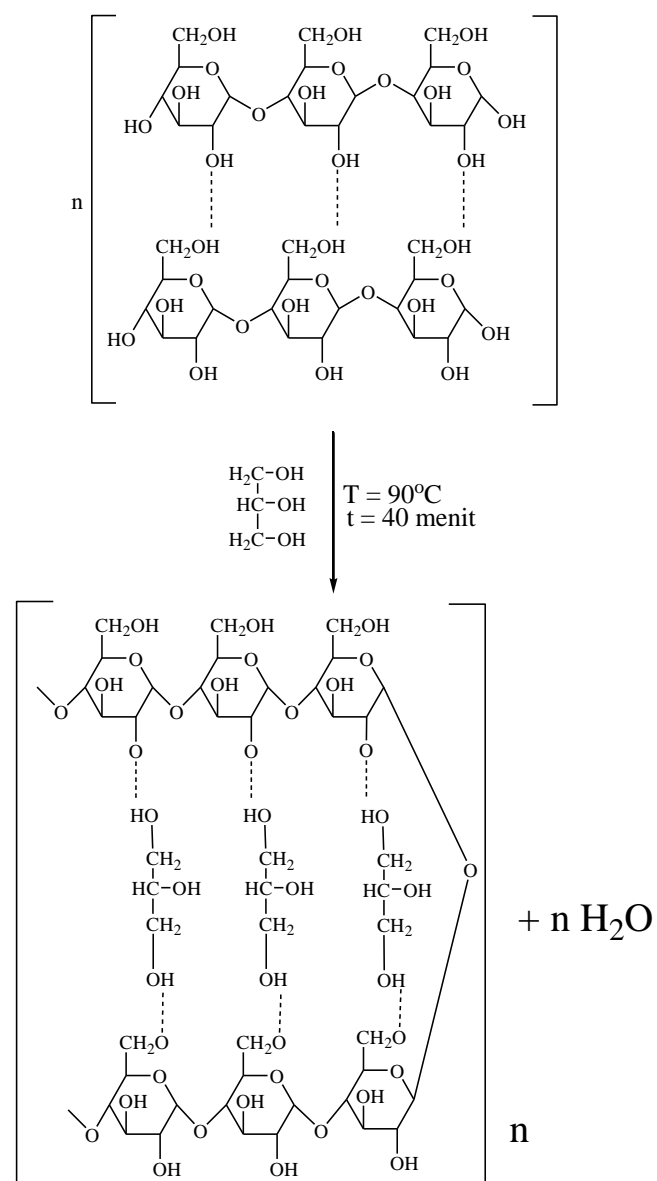
Gambar 2.4. Struktur Kimia Amilopektin (Boediono, 2012)

Pati sebagai biopolimer tersusun dari glukosa dan mempunyai dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, mempunyai rangkaian panjang dari unit  $\alpha$ -D-glukosa yang terikat bersama-sama melalui ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosida. Amilopektin tersusun melalui ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosida dan ikatan cabang  $\alpha$ -1,6 glikosida sehingga mempunyai struktur rantai bercabang. Ketika butiran-butiran pati dipanaskan dalam larutan, butiran-butiran tersebut akan menyerap pelarut, disebut gelatinisasi pada suhu  $55-80^{\circ}\text{C}$  dan prosesnya tergantung pada jenis pati yang digunakan (Dureja, dkk., 2011). Komposisi amilosa dalam suatu tepung pati bervariasi tergantung pada asal patinya, misalnya 20-30% pada tepung pati dari kentang. Tepung pati dari jagung memiliki kandungan amilosa yang sangat tinggi, mencapai 80% (Teramoto, dkk., 2002). Amilosa bersifat lebih hidrofilik dan lebih mudah larut dalam air panas daripada amilopektin (Mahmood, dkk., 2007).

Termoplastik dari bahan pati diperoleh dari tepung pati yang dicampurkan dengan *plasticizer* agar mudah hancur dan meleleh pada suhu dekomposisi.

Termoplastik ini merupakan sistem yang kompleks, karena strukturnya tergantung dari kondisi proses yang beragam. Proses *ageing* pada plastik jenis ini menyebabkan kerusakan dan pembusukan *starch-based* plastik, menyebabkan keadaan plastik semakin memburuk (*deterioration*) (Kruiskamp, dkk., 2001).

Perkiraan reaksi polimerisasi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Gambar 2.5. Perkiraan reaksi polimerisasi

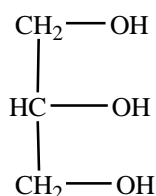
Sejak beberapa dekade terakhir, beberapa usaha dilakukan untuk mendapatkan material plastik dengan penggunaan biopolimer alami yang murah dan mampu terbiodegradasi, seperti pati, selulosa, kitin, dan sebagainya. Biopolimer khususnya pati bersifat murah, mudah didapat, dapat diperbaharui, dan dapat terbiodegradasi (Sarka, dkk., 2011).

Biasanya, bahan pati akan dikompositkan dengan bahan pembuat plastik sintetis yang *non-biodegradable*. Komposit dengan perbandingan material pati yang lebih banyak daripada material sintetis lebih banyak dipilih karena mampu meningkatkan sifat biodegradasinya (Flieger, dkk., 2003).

### **2.3. Gliserol Sebagai *Plasticizer***

*Plasticizer* didefinisikan sebagai bahan *non volatile*, bertitik didih tinggi yang jika ditambahkan pada material lain dapat merubah sifat fisik dari material tersebut. Penambahan *plasticizer* dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat barrier suatu film. Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekuler. *Plasticizer* adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas, elastisitas dan ekstensibilitas material, menghindarkan material dari keretakan, serta meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut

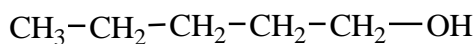
(Mujiarto, 2005). Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki tiga gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanatriol.



Gambar 2.6. Struktur Kimia Gliserol (Propana-triol)

Pengaruh gliserol sebagai *plasticizer* pada molekul pati telah diteliti oleh Kruiskamp, dkk (2001). Kruiskamp, dkk menggunakan bahan pati dari kentang dengan komposisi amilopektin yang lebih besar daripada amilosa. Kruiskamp mereaksikan gliserol dan etilen glikol dengan amilopektin dan membandingkan entalpi reaksi keduanya. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa gliserol dan etilen glikol mampu berinteraksi dengan molekul amilopektin, namun mekanisme reaksi dan immobilisasi *plasticizer* belum bisa dijelaskan karena belum ada penelitian lebih lanjut. Ada kemungkinan bahwa *plasticizer* ikut andil dalam mekanisme substitusi, sehingga menurunkan mobilitas keseluruhannya (Kruiskamp, dkk., 2001).

#### 2.4. Pentanol Sebagai Pelarut



Gambar 2.7. 1-Pentanol.

1-pentanol memiliki nama lain n-pentanol, n-amil alcohol, n-pentil alcohol, dan n-butyl karbinol. Memiliki rumus kimia  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$ , pentanol secara fisik berbentuk cair, tidak berwarna, mempunyai bau manis yang cukup tajam, mudah terbakar, mempunyai berat molekul 88,15 g/mol, titik didih  $138^\circ\text{C}$

dan titik beku  $-79^{\circ}\text{C}$ . 1-pentanol memiliki viskositas 4,0 pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . umumnya larut dalam pelarut organik. 1-pentanol merupakan pelarut yang *non-HAP (Hazardous Air Pollutant)* sehingga tidak termasuk polutan yang berbahaya dalam air. Senyawa ini digunakan antara lain sebagai bahan aditif dalam bahan bakar dan minyak oli, penstabil PVC, bahan kosmetik, pengekstraksi (*extractants*), herbisida, bahan farmasi, antioksidan, juga sebagai *plasticizer* (Dow Chemical Company, 2002).

Pemakaian pentanol sebagai alternatif pelarut dalam proses pembuatan plastik dari bahan alam telah dilakukan oleh Huda dan Feris (2007). Huda dan Feris membuat plastik *biodegradable* dari bahan baku ubi jalar, singkong, dan komposit singkong-ubi jalar. Hasil penelitiannya menunjukkan tampilan secara fisik plastik memiliki performansi yang cukup baik. Tingkat keasaman plastik relatif aman, yakni dalam interval 6,0-6,5. Ketahanan panas plastik yang dihasilkan mencapai  $100^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 2.3. Perbandingan sifat antara air dan 1-pentanol

No.	Sifat	Air	1-pentanol
1.	pH normal	7,0	8,5
2.	massa jenis (densitas)	$0,998 \text{ g/cm}^3$	$0,814 \text{ g/cm}^3$
3.	titik leleh	$0^{\circ}\text{C}$	$-78^{\circ}\text{C}$
4.	titik didih	$100^{\circ}\text{C}$	$138^{\circ}\text{C}$

(Sumber: Huda dan Feris, 2007)

Penggunaan n-pentanol yang telah dikemukakan oleh Dow Chemical Company (2001) dan hasil penelitian Huda dan Feris (2007), serta sifat n-pentanol yang memiliki titik didih yang cukup tinggi, yaitu  $138^{\circ}\text{C}$ , menunjukkan bahwa n-

pentanol berpotensi sebagai pelarut alternatif pengganti air dalam proses pembuatan plastik *biodegradable*.

## 2.5 Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

### 2.5.1 Karakterisasi Gugus Ujung

Karakterisasi gugus ujung dapat dilakukan menggunakan FTIR. Spektroskopi FTIR atau *Fourier Transform Infrared* dapat menganalisis gugus ujung suatu senyawa dengan kemampuan analisis yang lebih baik daripada sistem IR konvensional, termasuk dalam hal sensitivitas, kecepatan dan peningkatan pengolahan data. Komponen dasar instrumen FTIR ditunjukkan secara skematis pada Gambar 2.7. berikut ini.



Gambar 2.8. Skema Komponen Dasar FTIR

Kegunaan dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan mengenai molekul. Serapan tiap tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-O, C=C, C-C, C=N, dan sebagainya) hanya dapat diperoleh dalam bagian-bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi inframerah. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan setiap tipe ikatan. Berikut ini adalah serapan untuk beberapa gugus fungsi yang terdapat dalam *biodegradable* plastik yang akan diuji, disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.4. Perkiraan Serapan Gugus Plastik *Biodegradable* Biji Nangka

Tipe vibrasi	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
C-H Alkana	3000-2850	s
C-O ester	1300-1000	s
C=O karbonil	1725-1705	s
O-H Alkohol	3650-3600	m

(Sumber: Sastrohamidjojo, 1992)

Hampir semua senyawa, termasuk senyawa organik menyerap dalam daerah inframerah. Agar senyawa bentuk padat dapat dianalisis pada daerah inframerah, maka senyawa tersebut harus dibuat film, dilebur, atau dilumatkan menjadi cairan yang kental (*mull*), didispersikan dalam senyawa halida organik menjadi bentuk cakram atau pellet, atau dilarutkan dalam berbagai pelarut. Polimer organik dapat dibuat film diantara dua lempengan garam setelah dilarutkan dalam pelarut yang cocok (Sastrohamidjojo, 1992).

### 2.5.2 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Dalam istilah umum, *strength* atau kekuatan dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan karena tekanan yang berlebihan, atau kemungkinan juga disebabkan oleh deformasi struktur. *Tensile* termasuk juga ketahanan material terhadap kuat tekan atau tegangan. Jumlah kekuatan yang dibutuhkan untuk memecah material dan perkiraan jumlah sebelum pecah adalah hal yang penting. Untuk kebanyakan material, ketahanan awal dari tekanan, atau modulus, dan titik deformasi tetap, berasal dari kurva tekanan (*force*) versus perpanjangan (*elongation*). Analisis kurva *force-elongation* atau tekanan-tegangan (*stress-strain*) dapat memberitahu banyak hal tentang material yang diuji, dan hal

ini sangat membantu dalam memperkirakan sifat material tersebut. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan plastik (Gedney, 2005).

### **2.5.3 Uji Ketahanan Air**

Uji ketahanan air dari plastik berbahan polipropilen (PP) adalah sebesar 0,01 atau sebesar 1%, sehingga plastik tersebut efektif digunakan sebagai wadah makanan yang banyak mengandung air. Uji ketahanan air ini diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik yang dibuat sudah mendekati sifat plastik sintetis atau belum, karena konsumen plastik memilih plastik dengan sifat yang sesuai keinginan, salah satunya adalah tahan terhadap air (Darni, dkk., 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Sarka, dkk (2011) dengan membandingkan antara pati asli dengan pati terasetilasi dalam hal sifat ketahanan airnya, maka pati terasetilasi mampu meningkatkan tingkat ketahanan air plastik daripada pati asli.

### **2.5.4 Uji Biodegradabilitas**

Uji biodegradabilitas atau kemampuan biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan. Selanjutnya, dapat diperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk terurai di alam secara sempurna.

Pimpan, dkk (2001) melakukan penelitian tentang pembuatan plastik *biodegradable* dari pati singkong termodifikasi. Salah satu uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat plastik yang dihasilkan adalah uji biodegradabilitas dengan



metode *soil burial test*. Uji ini menunjukkan, bahwa plastik tersebut terdegradasi secara sempurna dalam jangka waktu satu bulan, ditinjau dari persen hilangnya berat plastik (*% weight loss*) yang mencapai 100%.

Bagaimanapun, biodegradasi tidak sepenuhnya berarti bahwa material *biodegradable* akan selalu terdegradasi. 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). Percobaan yang dilakukan Sarka, dkk (2011) dengan menggunakan pati dari gandum, menunjukkan bahwa semakin banyak bagian patinya, maka semakin mudah bagi plastik tersebut untuk terdegradasi, sedangkan antara pati asli dengan pati terasetilasi, menunjukkan bahwa pati asli lebih mudah terdegradasi daripada pati terasetilasi.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, pada bulan Juli 2012 - Januari 2013.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

##### **3.2.1 Variabel Bebas**

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah variasi jumlah gliserol, yaitu 20%, 25%, dan 30%, dari 10 gram pati yang digunakan, dan variasi pelarut, yaitu menggunakan pelarut air dan 1-pentanol.

Persen gliserol yang digunakan dihitung per berat pati, sehingga:

$$20\% \text{ gliserol} = \frac{20}{100} \times 10 \text{ gram pati} = 2 \text{ ml gliserol}$$

$$25\% \text{ gliserol} = \frac{25}{100} \times 10 \text{ gram pati} = 2,5 \text{ ml gliserol}$$

$$30\% \text{ gliserol} = \frac{30}{100} \times 10 \text{ gram pati} = 3 \text{ ml gliserol}$$

##### **3.2.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah sifat plastik, meliputi kekuatan tarik, sifat ketahanan air, dan biodegradabilitas.

### 3.2.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali meliputi waktu pengadukan 30 menit dengan kecepatan pengadukan yang sama, temperatur pengeringan dalam oven 60° C dan lamanya 24 jam, temperatur pengadukan tepung pati-gliserol yaitu 90° C.

### 3.3 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah biji nangka, akuades, 1-pentanol, dan gliserol. Alat-alat yang digunakan adalah blender, oven, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, gelas beaker 500 ml, gelas ukur 10 ml, termometer, pipet, desikator, neraca analitik, dan cetakan plastik.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Tepung Pati Biji Nangka

Pembuatan tepung pati biji nangka didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Fairus, dkk (2010). Biji nangka dicuci, dikupas, dipotong kecil-kecil, kemudian diblender. Biji nangka yang telah diblender ditambah dengan air, lalu diperas. Hasil saringan kemudian disimpan selama 12 jam untuk mengendapkan pati. Endapan pati diambil dan dikeringkan.

#### 3.4.2 Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Pelarut Air

Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan berdasarkan metode yang diperoleh dari Darni, dkk (2009) dan Larotonda, dkk (2004) dengan pelarut air. Pati dan air dicampurkan dengan perbandingan 1:20 dalam gelas beker. Campuran dipanaskan pada suhu 90°C selama 35 menit sambil terus diaduk. Pada campuran,

ditambahkan gliserol sesuai variasi, yaitu 20%, 25% dan 30% dari berat pati yang digunakan, kemudian diaduk kembali selama 5 menit. Larutan dituangkan sebanyak 100 mL ke dalam cetakan dan diratakan, lalu diletakkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

### **3.4.3 Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Pelarut n-Pentanol**

Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan menurut metode yang diperoleh dari Huda & Feris (2007). Pati dan pentanol dicampurkan dengan perbandingan 1:20 dalam gelas beker. Campuran dipanaskan pada suhu 90°C selama 35 menit dan diaduk. Ditambahkan gliserol sesuai variasi, yaitu 20%, 25% dan 30% dari berat pati yang digunakan, kemudian diaduk selama 5 menit. Larutan dituangkan sebanyak 100 mL ke dalam cetakan. Hasil cetakan diletakkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

### **3.4.4 Karakterisasi Plastik**

#### **1. Karakterisasi Gugus Ujung**

Karakterisasi gugus ujung dilakukan menggunakan spektroskopi FTIR. Sampel dipreparasi dalam bentuk film.

#### **2. Uji Kuat Tarik**

Sampel diuji dengan alat *tensile strength* sesuai dengan ASTM D638 untuk polimer plastik.

#### **3. Uji Ketahanan Air (Uji Ketahanan air)**

Uji ini didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Pimpan, dkk (2001). Plastik dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. plastik yang telah dipotong kemudian ditimbang dengan neraca analitik. Plastik dimasukkan ke dalam

gelas beker 10 ml yang telah diisi akuades sebanyak 5 ml, kemudian didiamkan dalam suhu kamar. Setiap satu menit, plastik diambil, air di permukaan plastik dilap dengan tisu, kemudian ditimbang. Langkah ini dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan.

Berdasarkan hasil pengukuran berat tersebut, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

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

Keterangan:  $W_0$  = berat sampel kering dan  $W$  = berat sampel setelah dikondisikan dalam akuades.

Kemudian, persen air yang diserap dikalkulasi lagi dalam perhitungan berikut untuk mendapatkan persen ketahanan air.

$$\text{ketahanan air plastik} = 100\% - \text{persen air yang diserap}$$

#### 4. Uji Biodegradabilitas

Uji ini didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Pimpan, dkk (2001). Plastik dipotong dengan ukuran 5 cm x 1 cm. Plastik dikeringkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh berat konstan. Sampel dikubur dalam tanah selama  $\pm$  2 minggu. Kemudian sampel dikeringkan dalam desikator lagi dan ditimbang sampai diperoleh berat konstan.

Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{kehilangan berat} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:  $W_1$  adalah berat sampel sebelum penguburan dan  $W_2$  adalah berat sampel setelah penguburan.

Selanjutnya dihitung perkiraan lamanya terdegradasi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{perkiraan waktu degradasi} = \frac{100 \%}{\text{persen kehilangan berat}} \times \text{waktu uji}$$

Waktu yang digunakan untuk uji biodegradabilitas ini adalah enam hari, maka:

$$\text{perkiraan waktu degradasi} = \frac{100 \%}{\text{persen kehilangan berat}} \times 6 \text{ hari}$$

Laju degradabilitas dihitung dengan perhitungan berikut:

$$\text{degradabilitas} = \frac{W_0 - W_1 \text{ mg}}{6 \text{ hari}}$$

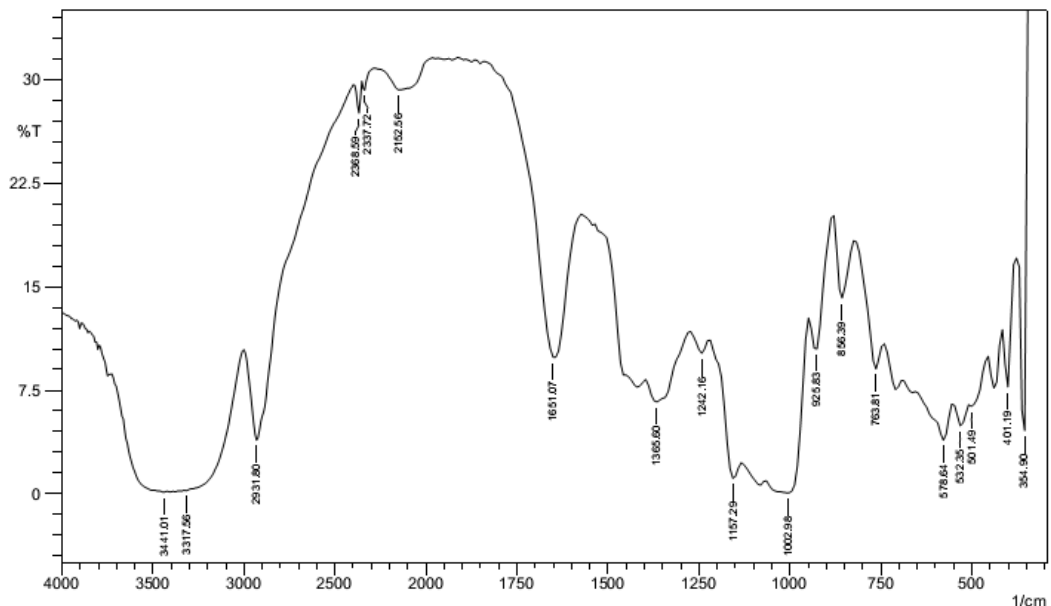
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Pembuatan Tepung Pati Biji Nangka

Tepung pati biji nangka yang dihasilkan mempunyai beberapa karakteristik secara fisik. Tepung pati berbentuk serbuk, berwarna kecoklatan dan masih memiliki aroma biji nangka. Sebanyak dua kilogram biji nangka yang dibuat menjadi tepung, dihasilkan 840 gram tepung pati. Artinya rendemen pati yang dihasilkan sebesar 42% per berat biji nangka yang digunakan. Hasil uji FTIR tepung pati biji nangka disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4.1. Spektra FTIR Tepung Pati Biji Nangka  
Sumber: Data Primer, 2012

#### 4.1.2 Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Pembuatan plastik *biodegradable* dari biji nangka menghasilkan film plastik transparan yang berwarna kecoklatan. Film plastik memiliki homogenitas yang baik didasarkan pada pengamatan secara visual yaitu film plastik mempunyai ketebalan yang rata-rata hampir sama, sebesar 0,01 mm.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Ketebalan Film Plastik Yang Dihasilkan

Sampel	Tebal plastik (mm)			Tebal plastik rata-rata (mm)
	I	II	III	
Pati-aquades-gliserol 20%	0,010	0,010	0,010	0,010
Pati-aquades-gliserol 25%	0,012	0,010	0,011	0,011
Pati-aquades-gliserol 30%	0,011	0,010	0,011	0,011
Pati-pentanol-gliserol 20%	0,013	0,014	0,014	0,014
Pati-pentanol-gliserol 25%	0,011	0,012	0,011	0,011
Pati-pentanol-gliserol 30%	0,015	0,016	0,016	0,016

Sumber: Data Primer, 2012

Keterangan: pati=5 gram, volume pelarut 100 mL, volume gliserol yang ditambahkan adalah v/b dari berat pati yang digunakan.

Plastik yang dihasilkan mempunyai kelenturan yang semakin meningkat sesuai dengan jumlah gliserol yang ditambahkan. Aroma film plastik dengan pelarut aquades didominasi oleh aroma tepung pati biji nangka, sedangkan pada pelarut pentanol didominasi oleh aroma pentanol.

#### 4.1.3 Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi

Hasil penelitian mengenai uji kuat tarik dan persen elongasi film plastik biji nangka yang diujikan kuat tariknya di Laboratorium Bahan,



Fakultas Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada disajikan dalam Tabel 4.2. dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Pengaruh Pelarut Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Kuat Tarik

Pelarut	Kuat Tarik		
	Gliserol 20 %	Gliserol 25 %	Gliserol 30 %
Aquades	58,83 ± 1,74 MPa	43,45 ± 1,53 MPa	35,51 ± 0,82 MPa
n-Pentanol	48,67 ± 2,96 MPa	56,71 ± 4,31 MPa	23,84 ± 2,53 MPa

Sumber: Data Primer, 2012

Tabel 4.3. Pengaruh Pelarut Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Persen Elongasi

Pelarut	Persen Elongasi		
	Gliserol 20 %	Gliserol 25 %	Gliserol 30 %
Aquades	22,5 %	17,5 %	13,1 %
n-Pentanol	17,9 %	18,14 %	8,1 %

Sumber: Data Primer, 2012

#### 4.1.4 Uji Ketahanan Air

Hasil uji ketahanan air pada film plastik biji nangka menunjukkan bahwa banyaknya air yang diserap oleh plastik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gliserol yang ditambahkan.

Tabel 4.4. Pengaruh Pelarut Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Sifat Ketahanan Air Plastik

Pelarut	Gliserol	% Ketahanan Air
Aquades	20 %	79,02 %
	25 %	71,90 %
	30 %	70,06 %
Pentanol	20 %	61,87 %
	25 %	59,10 %
	30 %	50,00 %

Sumber: Data Primer, 2012

#### 4.1.5 Uji Biodegradabilitas

Hasil penelitian mengenai kemampuan biodegradasi film plastik biji nangka disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Pengaruh Pelarut Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Kehilangan Berat Plastik Dalam Waktu Uji 6 Hari

Pelarut	Gliserol	% Kehilangan Berat	Degradabilitas	Perkiraan Waktu Degradasi
Aquadess	20%	54 %	7,4 mg/hari	11 hari 2 jam
	25%	57 %	7,82 mg/hari	10 hari 12 jam
	30%	77 %	10,45 mg/hari	7 hari 19 jam
Pentanol	20%	50 %	9,87 mg/hari	12 hari
	25%	91 %	9,76 mg/hari	6 hari 14 jam
	30%	78 %	12,32 mg/hari	7 hari 17 jam

Sumber: Data Primer, 2012

#### 4.1.6 Analisis Gugus Ujung

Hasil penelitian mengenai analisis gugus ujung terhadap plastik *biodegradable* dari biji nangka yang diujikan di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Kimia, Universitas Gadjah Mada menunjukkan beberapa *peak* yang muncul pada spektra FTIR.

Tabel 4.6. Karakterisasi FTIR Plastik *Biodegradable* Dari Biji Nangka Dengan Pelarut Aquades

Jenis vibrasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		
	Gliserol 20%	Gliserol 25%	Gliserol 30%
O – H alkohol	3749.62	3749.62	3903.92 – 3819.08
O – H kaboksil	3448.72	3425.58	3441.01 – 3410.15
C – H alkana	2931.80	2931.80	2931.80
C=O karbonil	1627.92	1620.21	1627.92
C – O ester	1118.71 - 1041.56	1118.71 – 1041.56	1033.85

Sumber: Data Primer, 2012

Tabel 4.7. Karakterisasi FTIR Plastik *Biodegradable* Dari Biji Nangka Dengan Pelarut Pentanol

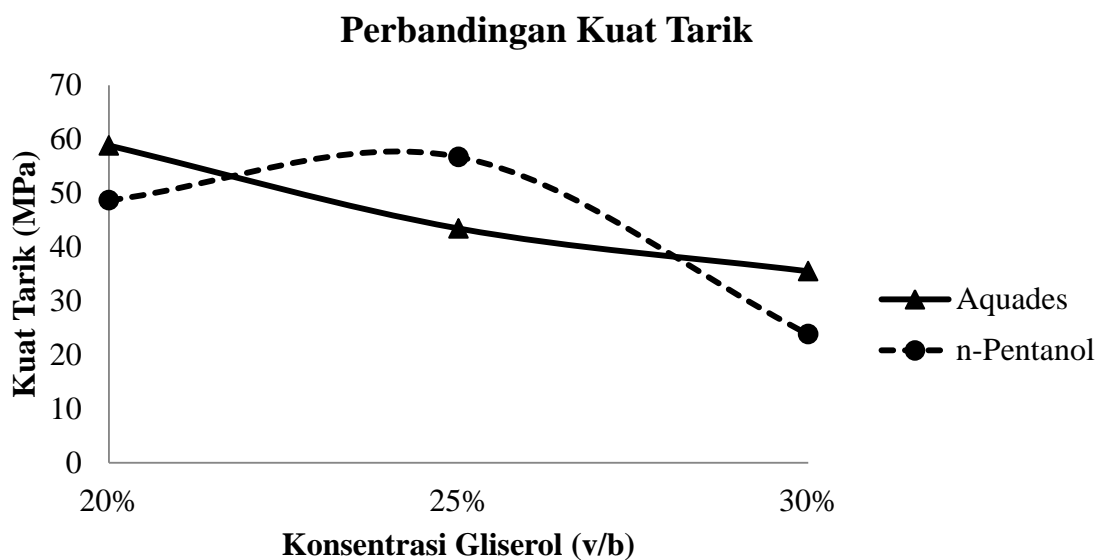
Jenis vibrasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		
	Gliserol 20%	Gliserol 25%	Gliserol 30%
O – H alkohol	3749.62	3873.06 – 3749.62	3903.92
O – H kaboksil	3425.58	3425.58	3425.58
C – H alkana	2931.80	2939.52	2931.80
C=O karbonil	1627.92	1620.21	1635.64
C – O ester	1118.71 – 1049.28	1041.50	1111.00 – 1041.56

Sumber: Data Primer, 2012

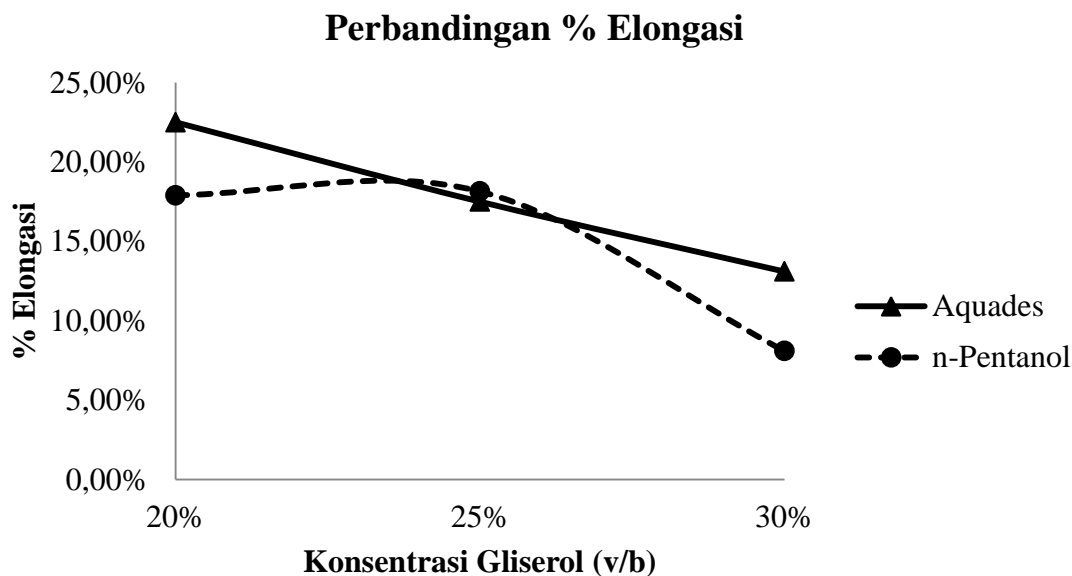
## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Uji Kuat Tarik Dan Elongasi

Pengaruh formulasi pati-gliserol terhadap kekuatan tarik pada masing-masing pelarut dapat dilihat pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.2. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades Dan Pentanol Terhadap Kekuatan Tarik



Gambar 4.3. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades Dan Pentanol Terhadap Persen Elongasi

Sifat mekanik film plastik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen-komponen penyusun film yaitu pati dan gliserol. Gliserol sebagai *plasticizer* dapat memberikan sifat elastis pada plastik. Film berbahan pati saja bersifat lebih elastis serta memiliki kekuatan tarik dan persen elongasi yang rendah (Darni, dkk., 2009). Faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik bahan bioplastik adalah afinitas antara komponen penyusunnya. Afinitas merupakan suatu fenomena atom atau molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Semakin meningkat afinitas, semakin banyak terjadi ikatan antar molekul. Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya. ikatan yang kuat akan sulit diputus, sehingga untuk memutuskan ikatan akan diperlukan energi yang besar (Darni dan Herti, 2010).

Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa pada pelarut aquades, kekuatan tarik dan persen elongasi mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya gliserol yang ditambahkan. Penurunan ini berhubungan dengan adanya ruang kosong yang terjadi karena ikatan antar polisakarida diputus oleh gliserol (Intan dan Wan Aizan, 2011). Hal ini menyebabkan ikatan antar molekul dalam film plastik tersebut semakin melemah. Kenaikan penambahan konsentrasi *plasticizer* yang menyebabkan semakin berkurangnya nilai kuat tarik, sesuai dengan semakin berkurangnya interaksi intermolekular (Bourtoom, 2008). Interaksi ini berkurang karena adanya gliserol yang menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen di antara molekul polisakarida. Penurunan hasil kuat tarik disebabkan pula oleh distribusi tidak sempurna dari masing-masing komponen penyusun film plastik (Buzarovska, dkk., 2008).

Meningkatnya jumlah *plasticizer* yang digunakan menghasilkan mobilitas yang lebih besar terhadap makromolekul pati. Hal ini mengakibatkan kuat tarik bioplastik menurun (Tudorachi, dkk., 2000). Namun hal tersebut tidak terjadi pada hasil kuat tarik dan persen elongasi dengan pelarut pentanol. Kuat tarik terbaik pada pembuatan plastik dengan pelarut pentanol dihasilkan pada formulasi gliserol 25%, kemudian menurun lagi pada penambahan gliserol 30%. Hasil ini didapatkan karena pentanol selain sebagai pelarut, ternyata juga berfungsi sebagai *plasticizer*. Pada konsentrasi gliserol 20%, interaksi antara pentanol dengan gliserol

belum maksimal sehingga berpengaruh pada kekuatan tariknya. Pada konsentrasi gliserol 25%, interaksi antara pentanol dan gliserol semakin banyak, dengan membentuk ikatan hidrogen yang cukup kuat untuk menahan beban saat diujikan kuat tariknya. Kemudian pada konsentrasi gliserol 30%, gliserol dalam larutan mengalami *excess* atau berlebihan sehingga malah memutus ikatan hidrogen dan memperlemah struktur kimia plastik.

Berdasarkan Gambar 4.2. dan Gambar 4.3. terlihat, bahwa pada pelarut pentanol terjadi kenaikan nilai kuat tarik dan persen elongasi pada konsentrasi gliserol 25%, kemudian menurun lagi pada konsentrasi gliserol 30%. Dalam penelitiannya, Tudorachi, dkk (2000) menyatakan, bahwa penyimpangan ini terjadi kemungkinan karena penurunan pergerakan rantai makromolekul sebagai akibat kehadiran ikatan hidrogen intermolekul yang kuat, seiring dengan pencampuran antar makromolekul dari komponen campuran. Dalam penelitian ini, pernyataan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Gliserol mempunyai dua gugus OH yang digunakan untuk berinteraksi dengan molekul pati dan tersisa satu gugus OH yang akan berinteraksi dengan gugus OH dari pentanol membentuk ikatan hidrogen yang baru. Pada konsentrasi gliserol 20%, ikatan hidrogen yang terbentuk antara gliserol dan pentanol belum sebanyak ikatan hidrogen pada konsentrasi gliserol 25%. Hal ini mengakibatkan kenaikan kuat tarik dari 48,67 MPa pada konsentrasi gliserol 20% menjadi 56,71 MPa pada konsentrasi gliserol 25%. Penurunan kuat tarik pada konsentrasi

gliserol 30% dengan nilai kuat tarik sebesar 23,84 MPa disebabkan oleh gugus OH dari gliserol yang berlebihan sehingga menyebabkan ikatan hidrogen yang terbentuk menjadi putus karena disisipi molekul gliserol, dengan mekanisme yang sama yang terjadi pada ikatan hidrogen intermolekul pati.

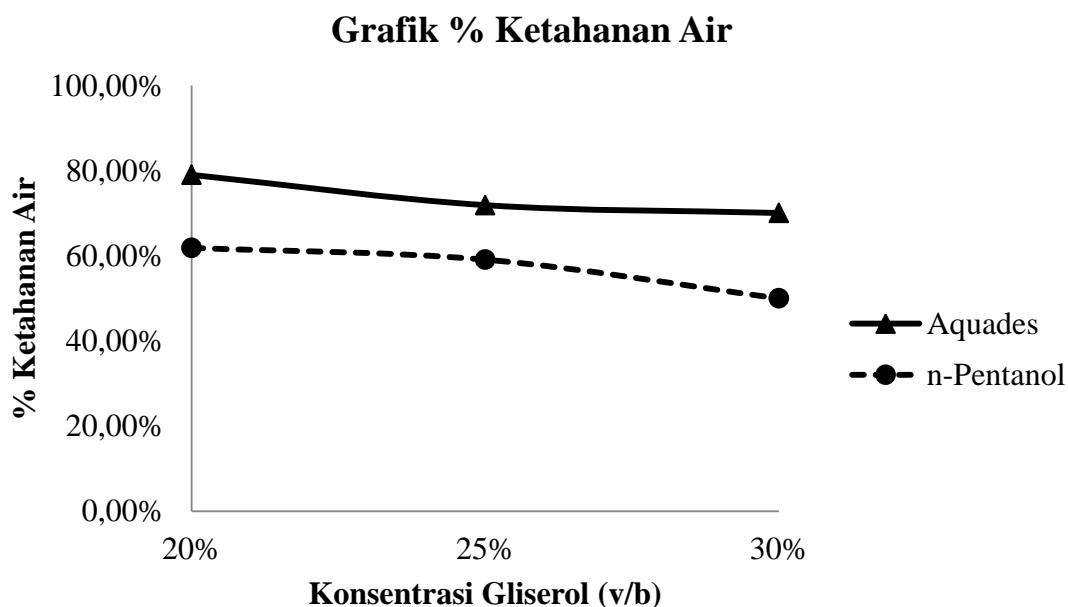
Salah satu kesimpulan dari penelitian yang dilakukan Tudorachi, dkk (2000) adalah nilai kuat tarik berbeda-beda antara beberapa batasan yang secara langsung tergantung dari rasio variabel terkendali yang dimodifikasi. Yang, dkk (2006) mengemukakan, bahwa alasan peningkatan perpanjangan elongasi kemungkinan disebabkan oleh rantai fleksibel alkana pada molekul gliserol yang menyisip dalam ikatan intermolekul pati menyediakan cukup ruang untuk pergerakan molekul pati.

Perbandingan kuat tarik dan persen elongasi antara pelarut pentanol dengan aquades, ternyata pelarut aquades mempunyai kuat tarik dan persen elongasi yang lebih besar daripada plastik yang menggunakan pelarut pentanol. Pada pelarut aquades, konsentrasi gliserol yang masih kecil menyebabkan ikatan hidrogen antar molekul penyusun plastik belum hilang sepenuhnya sehingga struktur kimia plastik masih padat dan menghasilkan nilai kuat tarik yang baik. Namun pada pelarut pentanol, karena konsentrasi gliserol lebih besar daripada konsentrasi gliserol pada pelarut aquades, maka ikatan hidrogen yang hilang juga lebih banyak. Walaupun kehadiran pentanol turut menyumbangkan ikatan hidrogen,

namun ikatan hidrogen yang ada tidak menyaingi ikatan hidrogen yang terdapat pada plastik dengan pelarut aquades.

#### 4.2.2 Uji Ketahanan Air

Ketahanan air paling baik dihasilkan oleh plastik dengan konsentrasi gliserol 20%. Kehadiran tiga gugus hidroksil dari molekul gliserol bertanggung jawab atas meningkatnya penyerapan air plastik (Intan dan Wan Aizan, 2009). Gliserol sebagai *plasticizer* memang menambah kelenturan plastik. Namun jumlah ruang kosong (*free volume*) yang semakin bertambah juga seiring dengan bertambahnya gliserol, maka akan meningkatkan celah untuk dapat ditempati oleh molekul-molekul air.



Gambar 4.4. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades Dan Pentanol Terhadap Ketahanan Air Pada Plastik

Berdasarkan Gambar 4.4., dapat diketahui, bahwa jumlah air yang diserap oleh plastik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya

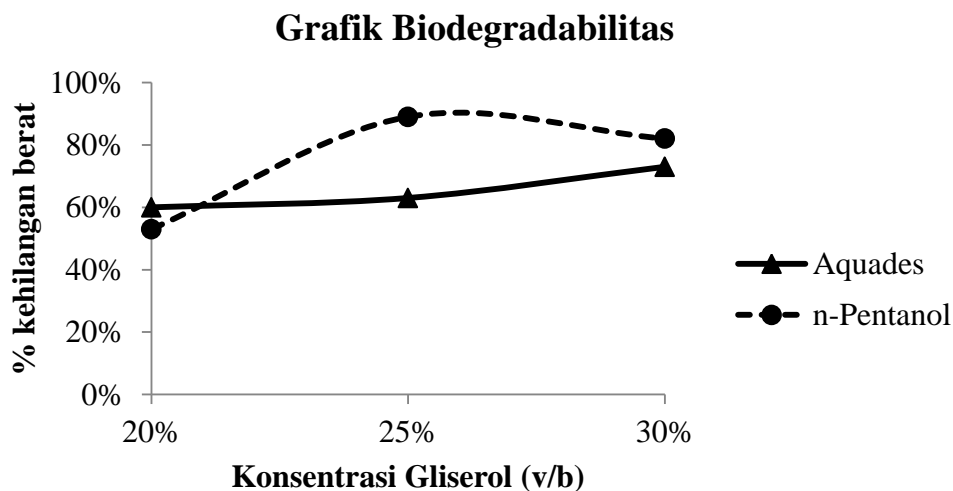


jumlah gliserol yang ditambahkan. Intan dan Wan Aizan (2011) menyatakan, bahwa nilai penyerapan air oleh plastik semakin meningkat dengan semakin meningkatnya jumlah gliserol yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa plastik bersifat hidrofilik.

Darni dan Herti (2010) menyatakan, bahwa sifat ketahanan air suatu molekul berhubungan dengan sifat dasar molekul penyusunnya. Bahan pati yang digunakan dalam penelitian ini bersifat hidrofilik, yaitu menyukai air. Penambahan gliserol juga menambah sifat hidrofilik plastik yang dibuat, sehingga semakin besar konsentrasi gliserol yang ditambahkan, semakin banyak pula air yang diserap oleh plastik. Pelarut pentanol, dengan sifatnya yang nonpolar dan tidak larut dalam air, namun membuat plastik yang dihasilkan menjadi bersifat hidrofobik karena pentanol memiliki gugus OH yang dapat berikatan hidrogen dengan molekul-molekul air. Hal ini mengakibatkan ketahanan air plastik dengan pelarut aquades lebih besar daripada plastik dengan pelarut pentanol. Perbedaan ini disebabkan oleh sifat pentanol yang juga dapat berfungsi sebagai *plasticizer* dan memiliki gugus -OH yang dapat berikatan hidrogen dengan air.

#### **4.2.3 Uji Biodegradabilitas**

Berikut ini disajikan hasil uji biodegradabilitas plastik dalam bentuk diagram.



Gambar 4.5. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dalam Pelarut Aquades Dan Pentanol Terhadap Kehilangan Berat Plastik

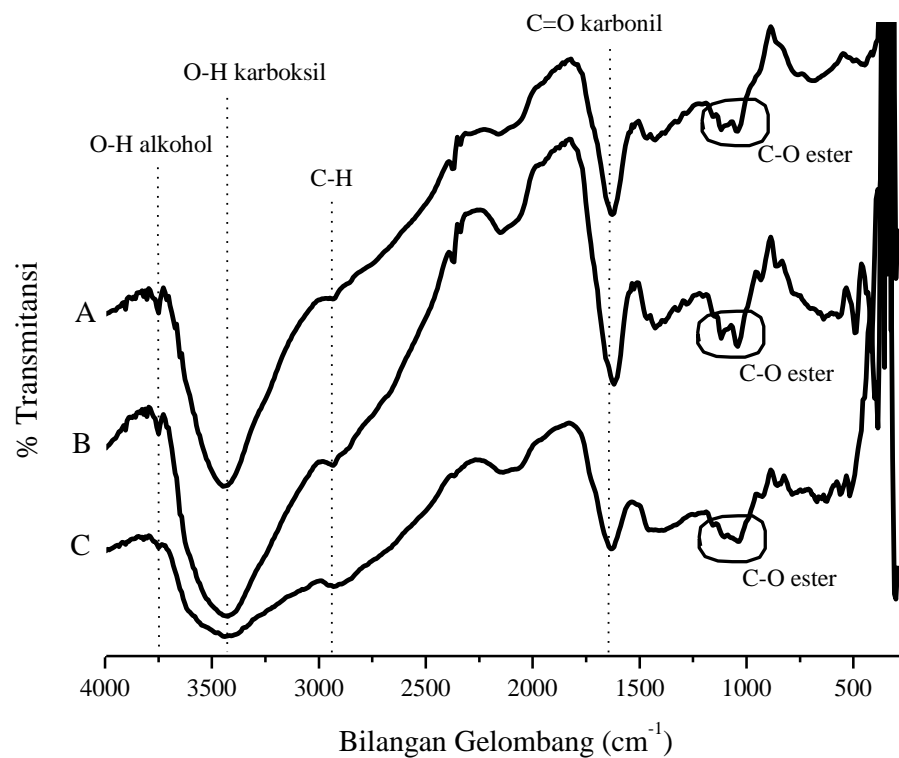
Berdasarkan penyajian tersebut, diketahui bahwa untuk plastik dengan pelarut aquades, kemampuan biodegradasi plastik semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah gliserol yang ditambahkan. Hal ini berhubungan dengan kemampuan plastik dalam menyerap air, yaitu semakin banyak kandungan air suatu material, maka semakin mudah material tersebut untuk terdegradasi. Air merupakan media bagi sebagian besar mikroba dan bakteri. Selain karena sifat dari komponen-komponen penyusun yang memang mudah didegradasi secara alami, bantuan dari bakteri dan hewan pengurai seperti cacing tanah juga mampu mempercepat laju degradasi plastik.

Namun berbeda dengan plastik yang menggunakan pelarut aquades, pada plastik yang menggunakan pelarut pentanol, biodegradasi paling cepat justru terjadi pada penambahan 25% gliserol. Pada formulasi ini, interaksi antara masing-masing komponen menyebabkan terbentuknya

banyak ruang kosong yang dapat disisipi air dalam jumlah cukup besar. Hal ini mengakibatkan bakteri juga mudah mendegradasi plastik dari dalam plastik itu sendiri.

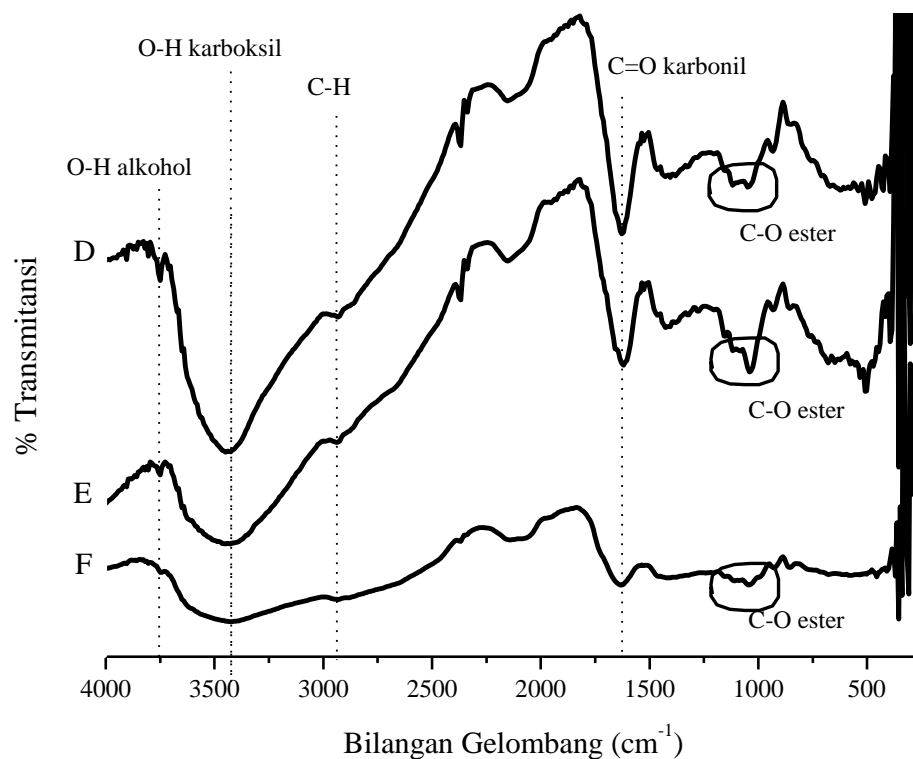
Penelitian yang dilakukan oleh Behjat, dkk (2009) menunjukkan, bahwa semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat bagi plastik tersebut untuk terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah selulosanya. Shakina, dkk (2012) yang juga meneliti mengenai kemampuan degradasi plastik melalui *soil burial test* menyimpulkan, bahwa kemampuan degradasi plastik yang disintesis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis tanah, jenis mikroba, dan kelembaban. Penelitian Pimpan, dkk (2001) menunjukkan, bahwa plastik yang dihasilkannya mampu terurai 100% dalam waktu satu bulan dengan metode yang sama, namun menggunakan *plasticizer* asam maleat. Wypich (2003) menyatakan, bahwa dalam uji biodegradabilitas, air harus dapat masuk untuk menetrasi struktur material dan membantu aktivitas biologi (mikroba) pada material tersebut. Hal ini juga dikuatkan melalui penelitian yang dilakukan oleh Khoramnejadian (2011) yang meneliti tentang *soil burial test* plastik *biodegradable*, bahwa setelah uji biodegradabilitas, plastiknya berlubang yang akan berpengaruh pada matrix polimer dan mengakibatkan plastik menjadi rapuh. Gliserol mempunyai kemampuan untuk mengikat kelembaban dari udara, sehingga dalam penelitian ini, plastik yang dihasilkan lebih cepat terdegradasi.

#### 4.2.4 Analisis Gugus Ujung



Gambar 4.6. Perbandingan Spektra FTIR (A) Aquades-Gliserol 20%, (B) Aquades-Gliserol 25%, (C) Aquades-Gliserol 30%

Analisis gugus ujung plastik biodegradable dari biji nangka ditunjukkan melalui diagram berikut. Terlihat bahwa O-H karboksil yang terdapat pada bilangan gelombang 3400-an nm puncaknya semakin melebar seiring dengan bertambahnya gliserol. Hal ini menunjukkan, bahwa intensitas O-H yang dilewatkan semakin menurun. Demikian juga yang terjadi pada puncak-puncak lain, yaitu C=O karbonil di 1700-an nm, C-O ester di 1000-1150 nm, C-H alifatik di bilangan gelombang 2800-2950 nm, serta O-H alkohol di bilangan gelombang 3700-3780 nm (Darni, dkk., 2009).



Gambar 4.7. Perbandingan Spektra FTIR (D) Pentanol-Gliserol 20%, (E) Pentanol-Gliserol 25%, (F) Pentanol-Gliserol 30%

Pelebaran puncak dan berkurangnya intensitas gugus yang dilewatkan menunjukkan bahwa masing-masing komponen dengan gugus fungsinya mengalami interaksi yang semakin baik sehingga semakin menghilangkan gugus fungsi aktif yang sebelumnya masih ada pada pati, gliserol, dan pelarut. Intensitas yang semakin berkurang disebabkan oleh jumlah gugus OH dari gliserol dalam plastik yang semakin berkurang.

Dari spektra FTIR keenam plastik yang disintesis, tidak terdapat serapan gugus fungsi baru apabila dibandingkan dengan spektra FTIR pati biji nangka. Pada spektra FTIR pati biji nangka, tidak ditemukan serapan

di daerah  $3700\text{-}3900\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya gugus fungsi OH alkohol, tetapi ditemukan gugus fungsi OH karboksil. Spektra FTIR keenam plastik memiliki gugus fungsi OH alkohol yang berasal dari gugus fungsi OH gliserol dan pentanol.

Darni dan Herti (2010) menyatakan, bahwa adanya gugus fungsi C=O karbonil dan ester (COOH) pada plastik yang disintesis mengindikasikan plastik tersebut memiliki kemampuan biodegradabilitas. Hal ini disebabkan karena baik C=O karbonil maupun C-O ester merupakan gugus-gugus yang bersifat hidrofilik. Kemampuan kedua gugus tersebut dalam mengikat molekul-molekul air yang berasal dari lingkungan mengakibatkan mikroorganisme yang dapat memasuki matriks plastik juga semakin banyak seiring dengan semakin tingginya intensitas gugus-gugus yang bersifat hidrofilik.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

1. Formulasi terbaik dari bahan-bahan pembuat plastik yang mendekati sifat plastik SNI, yaitu kuat tarik 24,7-302 MPa, elongasi 21-220% dan hidrofobisitas 99%, dihasilkan oleh campuran pati-gliserol 20%.
2. Pelarut yang menghasilkan plastik dengan sifat yang mendekati plastik SNI adalah pelarut aquades.
3. Campuran pati-aquades-gliserol 20% menghasilkan plastik dengan nilai kuat tarik sebesar 58,83 MPa, elongasi 22,5%, hidrofobisitas 79,02%, dan terdegradasi 54% dalam waktu 6 hari dengan degradabilitas 7,4 mg/hari. Analisis gugus ujung menunjukkan adanya gugus ester dan karboksil yang menandakan, bahwa plastik yang dihasilkan bersifat *biodegradable*.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas plastik yang dihasilkan.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi plastik yang dihasilkan sebagai *edible film*.

## DAFTAR PUSTAKA

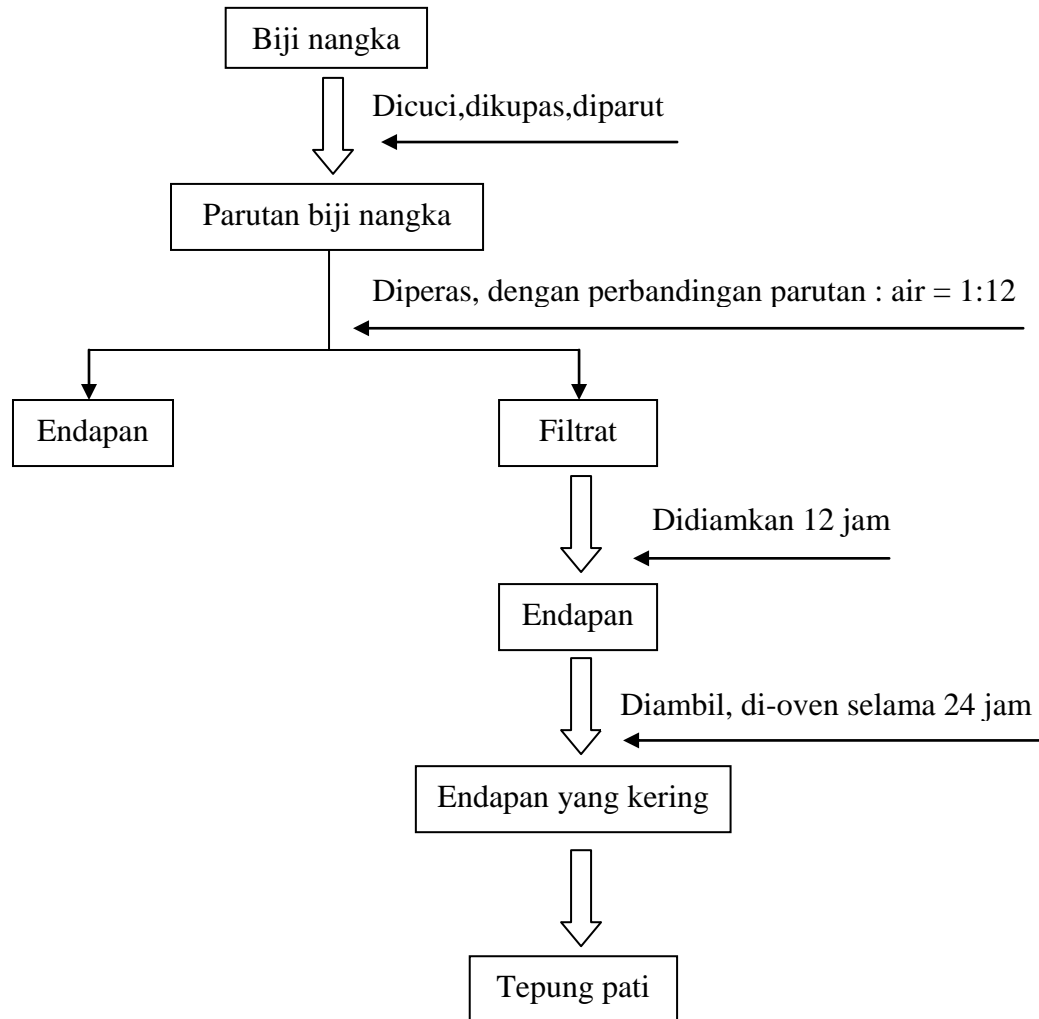
- Abidin. 2011. *Volume Sampah Overload, Pagar Pembatas TPA Jabon Ambrol*. Artikel Online. Tersedia di kabarsidoarjo.com [diakses 4 Maret 2012].
- Behjat T., A.R. Russly, C.A. Luqman, A.Y. Yus dan I. Nor Azowa. 2009. Effect of PEG on the biodegradability studies of Kenaf cellulose-polyethylene composites. *International Food Research Journal*, 16: 243-247.
- Boediono, Mario P.A.D.R. 2012. *Pemisahan dan Pencirian Amilosa dan Amiopektin dari Pati Jagung dan Pati Kentang Pada Berbagai Suhu*. Skripsi. Bogor: FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Borghei, Mehdi, Abdolreza Karbassi, Shahrzad Khoramnejadian, Abdolrasoul Oromiehie dan Amir Hossein Javid. 2010. Microbial Biodegradable Potato Starch Based Low Density Polyethylene. *African Journal of Biotechnology*, 9(26): 4075-4080.
- Bourtoom, Thawien. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30(1): 149-165.
- Buzarovska A, Bogoeva-Gaceva G, Grozdanov A, Avella M, Gentile G, dan Errico M. 2008. Potential use of rice straw as filler in eco-composite materials. *Australian Journal of Crop Science*, 1(2): 37-42.
- Darni Y., Herti U. dan Siti N.A. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka Dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema spinosum*. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Lampung: Universitas Lampung.
- 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.
- Dow Chemical Company. 2002. *Material Safety Data Sheet: n-Pentanol*. Online [diakses 13 Maret 2012].
- Dureja, H., S. Khatak, M. Khatak dan M. Kalra. 2011. Amylose Rich Starch as an Aqueous Based Pharmaceutical Coating Material. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 3(1): 08-12.
- Fairus, Sirin, Haryono, Agrithia Mirantheni dan Aris Aprianto. 2010. Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Hidrolisis Terhadap Perolehan Glukosa yang Dihasilkan dari Pati Biji Nangka. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Yogyakarta.



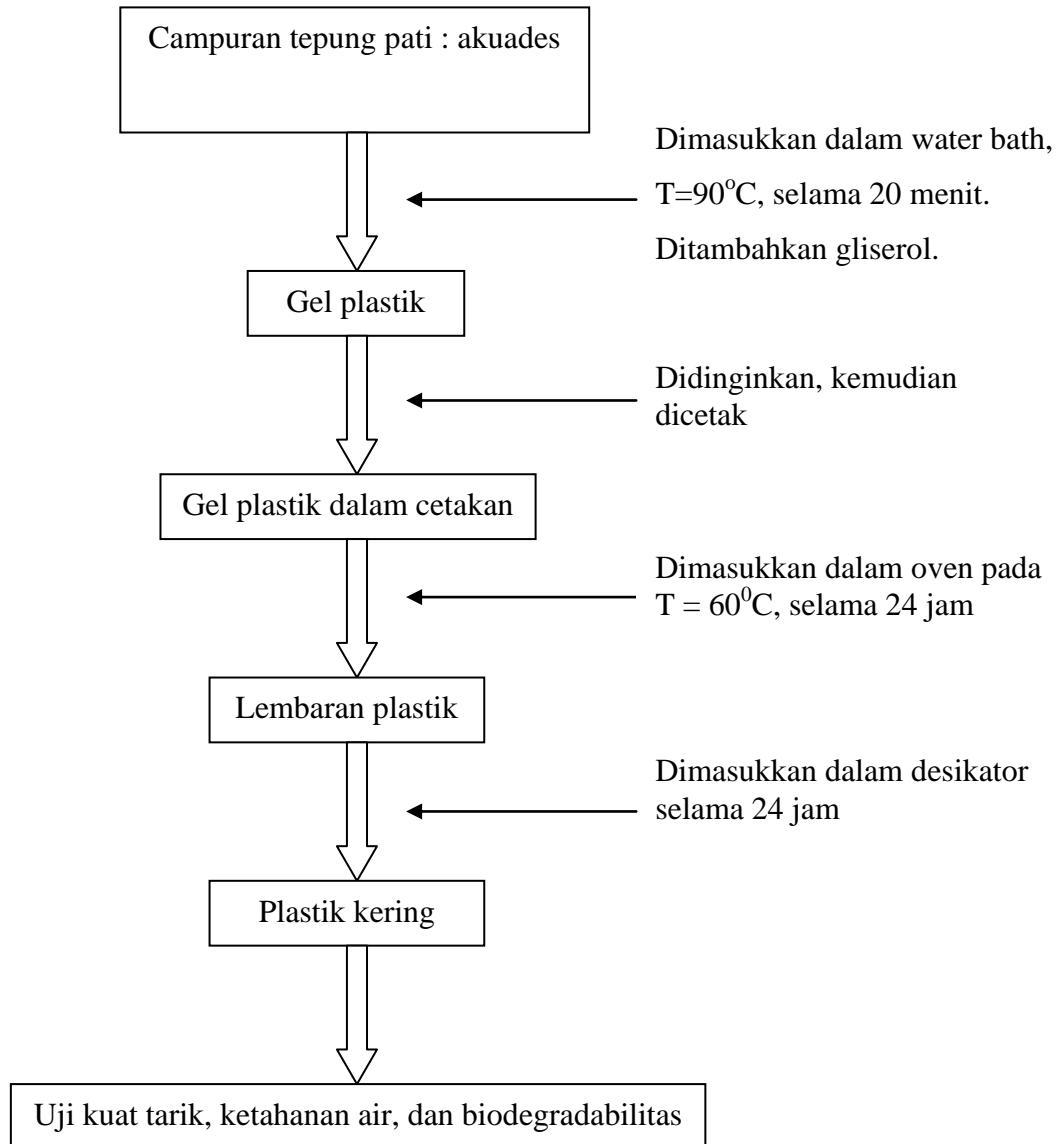
- Flieger, M., M. Kantorova, A. Prell, T. Rezanka dan J. Votruba. 2003. Biodegradable Plastics from Renewable Sources. *Journal of Folia Microbiol*, 48(1):27-44.
- Gedney, Richard. 2005. *Tensile Testing Basics, Tips and Trends*, ADMET Inc. Online. Tersedia di rgedney@admet.com [diunduh 25 Februari 2012].
- Huda, Thorikul, dan Feris Firdaus. 2007. Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik *Biodegradable* dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian dan Sains "Logika"*, 4(2): 3-10.
- Intan, Dayangku H. dan Wan Aizan W.A.R. 2011. Tensile and Water Absorbtion of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana*, 40(7):713-718.
- Khoramnejadian, Shahrzad. 2011. Converting Non-Biodegradable Plastic To Biodegradable By Using Natural Polymer To Help Environment Conservation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2): 477-479
- Kruiskamp, PH, ALM Smits, JGG van Soest dan JFG Vliegthart. 2001. The Influence of Plasticizer on Molecular Organisation in Dry Amylopectin Measured by Differential Scanning Calorimetry and Solid State Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 26:90-93.
- Kumar, A. Ashwin, Karthick K. dan K.P. Arumugam. 2011. Biodegradable Polymers and Its Applications. *International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*, 1(3): 173-176.
- Kurniawan, E. 2010. Pengelolaan Sampah di Indonesia. *Indonesia Environmental Consultant* 21 April. Online. Tersedia di www.iec.co.id [diakses 12 Februari 2012].
- Larotonda, Fabio D. S., Katia N. Matsui, Valdir Soldi, and Joao B. Laurindo. 2004. *Biodegradable Films Made from Raw and Acetylated Cassava Starch*. *Brazilian Archives of Biology and Technology Journal*, 47(3): 477-484.
- Mahmood, Tariq, Matthew A. Turner, dan Fred L. Stoddard. 2007. Comparison Of Methods for Colorimetric Amylase Determination in Cereal Grains. *Starch Journal*, 59(2007): 357-365.
- Mooney, Brian P. 2009. The Second Green Revolution? Production of Plant-Based Biodegradable Plastics. *Biochem Journal*, 418:219-232.
- Mujiarto, Imam. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Jurnal Traksi*, 3(2).

- Pimpan, Vimolvan, Korawan Ratanarat, and Mulika Pongchawanakul. 2001. Preliminary Study on Preparation of *Biodegradable* Plastic from Modified Cassava Starch. *Journal Science Chulalongkom University*, 26(2).
- Poeloengasih, C. Dewi, dan Djagal W. Marseno. 2003. Karakterisasi *Edible* Film Komposit Protein Biji Kecapir dan Tapioka. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 14(3).
- Sanjaya, I Gede M.H. dan Tyas Puspita. 2009. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Jurnal FTI-ITS*.
- 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.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: Liberty.
- Seigel, Emma and Lisa Barrow. 2007. *Biodegradable Plastics*. Online. Artikel diunduh tanggal 8 Februari 2012.
- Selke, Susan E. 2006. *Handbook of Plastics Technologies: Plastics Recycling And Biodegradable Plastics*. Tersedia di [www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com) [diunduh 2 Februari 2012].
- Shakina J., Sathiya Lekshmi K. dan Allen Gnana Raj G. 2012. Microbial Degradation of Synthetic Polyesters from Renewable Resources. *Indian Journal of Science*, 1(1): 21-28.
- Sharma, Kiran, Vijender Singh dan Alka Arora. 2011. Natural Biodegradable Polymers as Matrices In Transdermal Drug Delivery. *International Journal of Drug Development & Research*, 3(2): 85-103.
- Teramoto, Naozumi, Toyoki Motoyama, Ryutoku Yosomiya, dan Mitsuhiro Shibata. 2002. Synthesis And Properties Of Thermoplastic Propyl-Etherified Amylase. *European Polymer Journal*, 38(2002): 1365-1369.
- Thakor, Nehal, Ujjval Trivedi dan K C Pattel. 2005. Microbiological And Biotechnological Aspects Of Biodegradable Plastics: Poly(Hydroxyalkanoates). *Indian Journal of Biotechnology*, 5(4): 137-147.
- Tokiwa, Yutaka, Buenaventurada P. Calabia, Charles U. Ugwu dan Seiichi Aiba. 2005. Biodegradability of Plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10: 3722-3742.

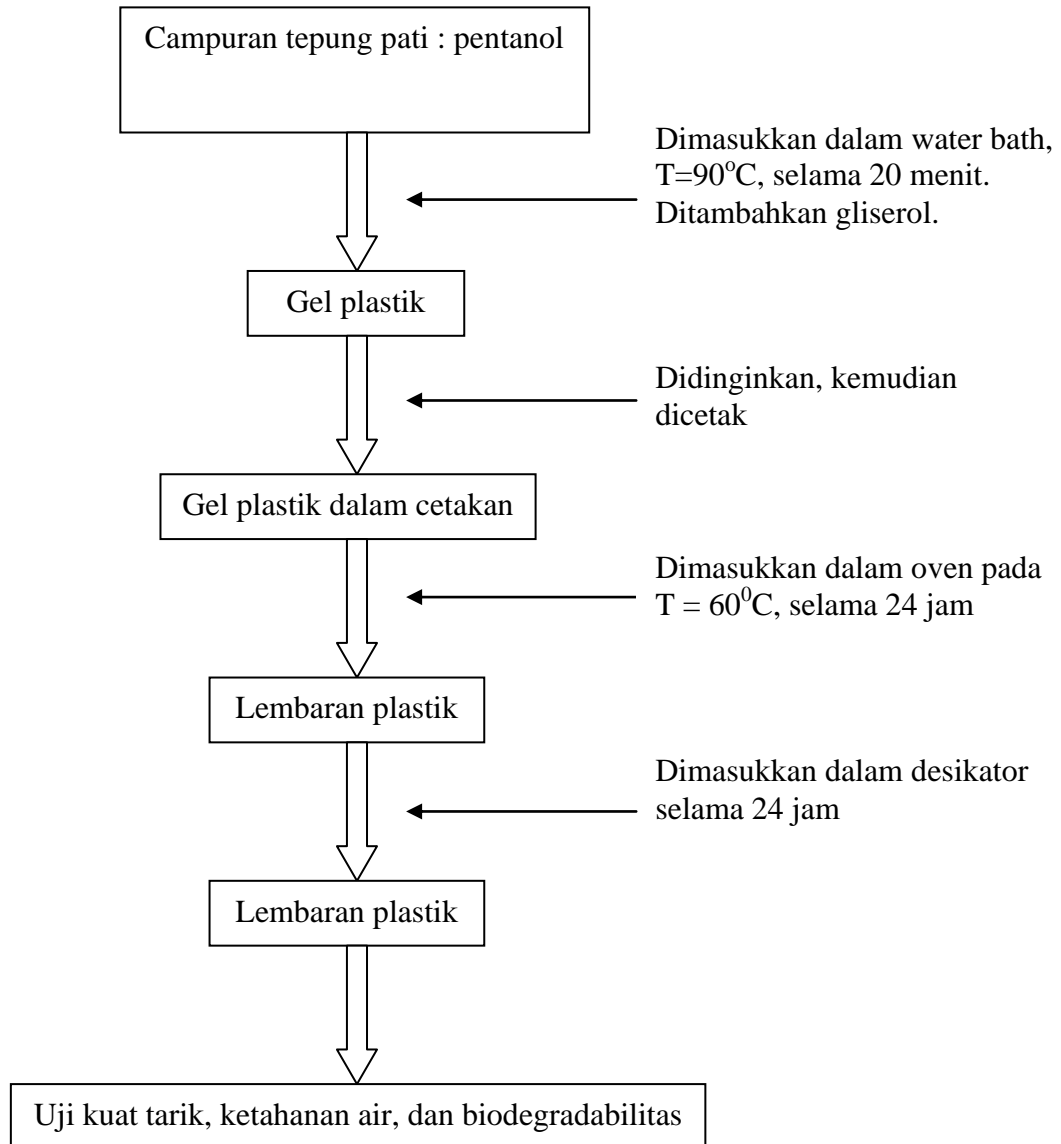
- Tongdeesoontorn, Wirongrong, Lisa J Mauer, Sasitorn Wongruong, Pensiri Sriburi, dan Pomchai Rachtanapun. 2011. Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of *Biodegradable* Cassava Starch-Based Film. *Chemistry Central Journal*, 5:6. Tersedia di <http://journal.chemistrycentral.com> [diakses 3 Februari 2012].
- Tudorachi, N., C.N. Cascaval, M. Rusu dan M. Pruteanu. 2000. Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as Biodegradable Polymeric Materials. Elsevier Science, 19: (785-799).
- Wypich, George. 2003. *Platicizers Use And Selection For Specific Polymers*. Toronto: ChemTec Laboratories.
- Yang, Jin Hui, Jiu Gao Yu dan Xiao Fei Ma. 2006. A Novel Plasticizer for The Preparation of Thermoplastic Starch. *Chinese Chemical Letters*, 17(1): 133-136.

**LAMPIRAN 1      Diagram Alir Prosedur Penelitian****Skema Pembuatan Tepung Pati Biji Nangka**

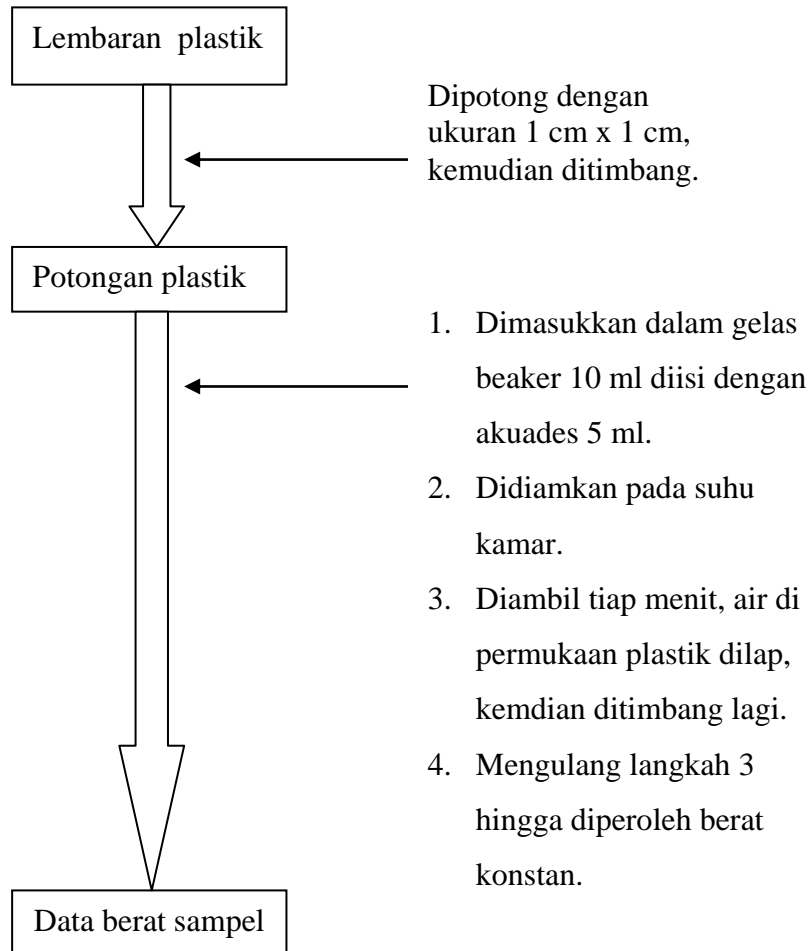
### Skema Pembuatan Plastik Dengan Pelarut Air



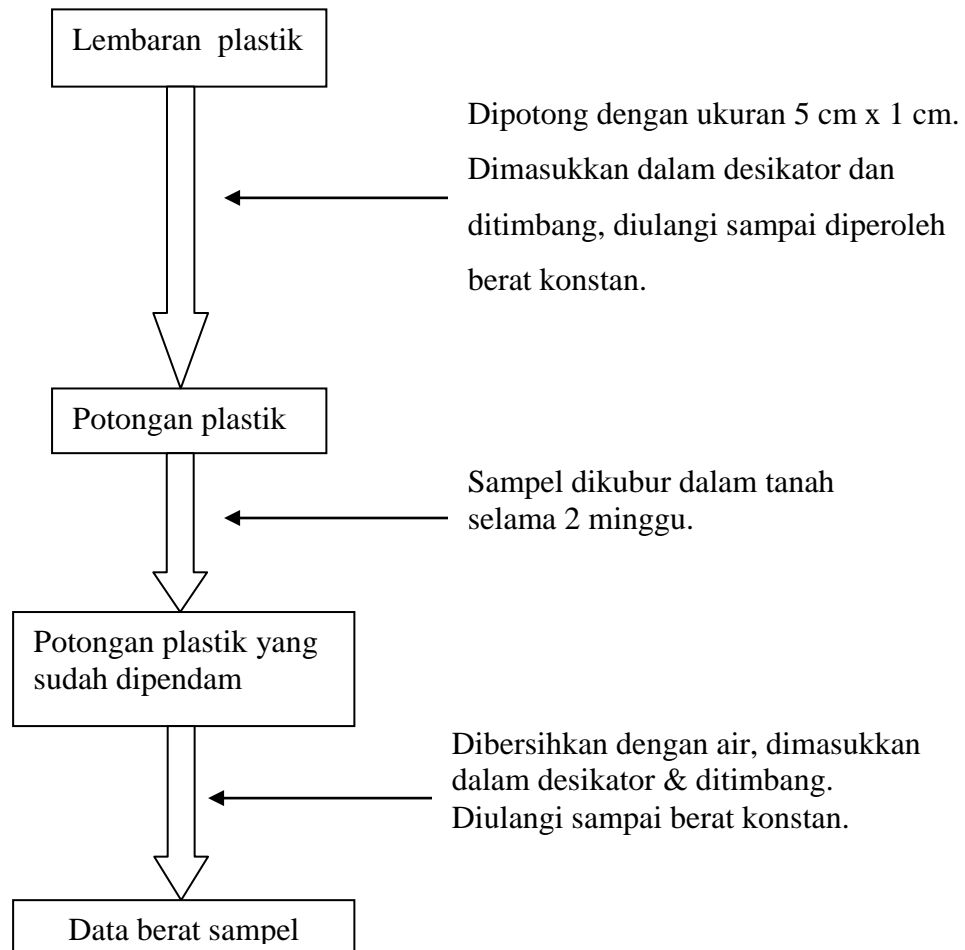
### Skema Pembuatan Plastik Dengan Pelarut n-Pentanol



### Skema Pengujian Ketahanan Air Plastik *Biodegradable*



### Skema Pengujian Biodegradabilitas Plastik





## LAMPIRAN 2

### Analisis Data Uji Kuat Tarik

Sampel	Kuat Tarik					
	1		2		3	
	N	Kg	N	Kg	N	Kg
Pati-aquades-gliserol 20%	4,6	0,47	4,4	0,44	4,3	0,44
Pati-aquades-gliserol 25%	4,1	0,42	3,2	0,32	3,6	0,36
Pati-aquades-gliserol 30%	2,8	0,29	2,7	0,28	2,9	0,30
Pati-pentanol-gliserol 20%	4,3	0,44	5,1	0,53	5,5	0,56
Pati-pentanol-gliserol 25%	4,3	0,44	5,7	0,58	4,5	0,46
Pati-pentanol-gliserol 30%	2,3	0,23	3,1	0,31	3,1	0,32

### Ketebalan Plastik Uji Kuat Tarik

Sampel	Tebal Plastik (mm)			Lebar Plastik (mm)
	I	II	III	
Pati-aquades-gliserol 20%	0,010	0,010	0,010	7,5
Pati-aquades-gliserol 25%	0,012	0,010	0,011	7,5
Pati-aquades-gliserol 30%	0,011	0,010	0,011	7,5
Pati-pentanol-gliserol 20%	0,013	0,014	0,014	7,5
Pati-pentanol-gliserol 25%	0,011	0,012	0,011	7,5
Pati-pentanol-gliserol 30%	0,015	0,016	0,016	7,5

$$\text{Rumus kuat tarik} = \frac{m/A}{10,2} = \frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \dots \text{ MPa}$$

#### ➤ Pati-aquades-gliserol 20%

$$A_I = 7,5 \times 0,010 \text{ mm} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,010 \text{ mm} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,010 \text{ mm} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,47/7,5 \times 10^{-4}}{10,2} = 61,44 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,44/7,5 \times 10^{-4}}{10,2} = 57,52 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,44/7,5 \times 10^{-4}}{10,2} = 57,52 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{61,44 + 57,52 + 57,52}{3} = 58,83 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$61,44 - 58,83 = 2,61$$

$$58,83 - 57,52 = 1,31$$

$$58,83 - 57,52 = 1,31$$

$$\frac{2,61 + 1,31 + 1,31}{3} = 1,74$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-glisierol 20% adalah  $58,83 \pm 1,74$  MPa

➤ **Pati-aquades-glisierol 25%**

$$A_I = 7,5 \times 0,012 \text{ mm} = 9 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,010 \text{ mm} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,011 \text{ mm} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,42/9 \times 10^{-4}}{10,2} = 45,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,32/7,5 \times 10^{-4}}{10,2} = 41,83 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,36/8,25 \times 10^{-4}}{10,2} = 42,78 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{45,75 + 41,83 + 42,78}{3} = 43,45 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$45,75 - 43,45 = 2,3$$

$$43,45 - 41,83 = 1,62$$

$$43,45 - 42,78 = 0,67$$

$$\frac{2,3+1,62+0,67}{3} = 1,53$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-glisierol 20% adalah  $43,45 \pm 1,53$  MPa

➤ **Pati-aquades-glisierol 30%**

$$A_I = 7,5 \times 0,011 \text{ mm} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,010 \text{ mm} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,011 \text{ mm} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,29/8,25 \times 10^{-4}}{10,2} = 34,29 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,28/7,5 \times 10^{-4}}{10,2} = 36,60 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,30/8,25 \times 10^{-4}}{10,2} = 35,65 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{34,29 + 36,60 + 35,65}{3} = 35,51 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$35,51 - 34,29 = 1,22$$

$$36,60 - 35,51 = 1,09$$

$$35,65 - 35,51 = 0,14$$

$$\frac{1,22+1,09+0,14}{3} = 0,82$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-glisierol 20% adalah  $35,51 \pm 0,82$  MPa

➤ **Pati-pentanol-glisierol 20%**

$$A_I = 7,5 \times 0,013 \text{ mm} = 9 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,014 \text{ mm} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,014 \text{ mm} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,44/9 \times 10^{-4}}{10,2} = 44,24 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,53/1,05 \times 10^{-3}}{10,2} = 49,49 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,56/1,05 \times 10^{-3}}{10,2} = 52,29 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{44,24 + 49,49 + 52,29}{3} = 48,67 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$48,67 - 44,24 = 4,43$$

$$49,49 - 48,67 = 0,82$$

$$52,29 - 48,67 = 3,62$$

$$\frac{4,43 + 0,82 + 3,62}{3} = 2,96$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-glisierol 20% adalah  $48,67 \pm 2,96$  MPa

➤ **Pati-pentanol-glisierol 25%**

$$A_I = 7,5 \times 0,011 \text{ mm} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,012 \text{ mm} = 9 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,011 \text{ mm} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,44 / 8,25 \times 10^{-4}}{10,2} = 52,29 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,58 / 9 \times 10^{-4}}{10,2} = 63,18 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,46 / 8,25 \times 10^{-4}}{10,2} = 54,66 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{52,29 + 63,18 + 54,66}{3} = 56,71 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$56,71 - 52,29 = 4,42$$

$$63,18 - 56,71 = 6,47$$

$$56,71 - 54,66 = 2,05$$

$$\frac{2,61 + 1,31 + 1,31}{3} = 4,31$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-glisierol 20% adalah  $56,71 \pm 4,31$  MPa

➤ **Pati-pentanol-glisierol 30%**

$$A_I = 7,5 \times 0,015 \text{ mm} = 1,125 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$A_{II} = 7,5 \times 0,016 \text{ mm} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$A_{III} = 7,5 \times 0,016 \text{ mm} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,23/71,125 \times 10^{-3}}{10,2} = 20,04 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,31/1,2 \times 10^{-3}}{10,2} = 25,33 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik} = \frac{0,32/1,2 \times 10^{-3}}{10,2} = 26,14 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat tarik} = \frac{20,04 + 25,33 + 26,14}{3} = 23,84 \text{ MPa}$$

Perhitungan batas atas dan batas bawah :

$$23,84 - 20,04 = 3,8$$

$$25,33 - 23,84 = 1,49$$

$$26,14 - 23,84 = 2,3$$

$$\frac{2,61+1,31+1,31}{3} = 2,53$$

Kuat tarik untuk plastik pati-aquades-gliserol 20% adalah  $23,84 \pm 2,53$  MPa

## LAMPIRAN 3

## Analisis Data Persen Elongasi

Sampel	$l_1$ (cm)	$l_2$ (cm)	$l_3$ (cm)	$l$ (cm)
Pati-aquades-glisierol 20%	8,60	8,50	8,35	8,48
Pati-aquades-glisierol 25%	8,25	8,20	8,25	8,23
Pati-aquades-glisierol 30%	7,90	7,85	8,00	7,92
Pati-pentanol-glisierol 20%	8,20	8,45	8,10	8,25
Pati-pentanol-glisierol 25%	8,10	8,50	8,20	8,27
Pati-pentanol-glisierol 30%	7,50	7,55	7,65	7,57

Rumus persen elongasi:

$$\% E = \frac{l - l_0}{l_0}$$

**Pati-aquades-glisierol 20%**

$$l = 8,84 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$\% E = \frac{8,84 - 7}{7} = 22,5\%$$

$$\% E = \frac{8,25 - 7}{7} = 17,9\%$$

**Pati-pentanol-glisierol 25%**

$$l = 8,27 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$\% E = \frac{8,27 - 7}{7} = 18,14\%$$

**Pati-aquades-glisierol 25%**

$$l = 8,23 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$\% E = \frac{8,23 - 7}{7} = 17,5\%$$

**Pati-pentanol-glisierol 30%**

$$l = 7,57 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$\% E = \frac{7,57 - 7}{7} = 8,1\%$$

**Pati-aquades-glisierol 30%**

$$l = 7,92 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

$$\% E = \frac{7,92 - 7}{7} = 13,1\%$$

**Pati-pentanol-glisierol 20%**

$$l = 8,25 \text{ cm} \quad l_0 = 7 \text{ cm}$$

## LAMPIRAN 4

## Analisis Data Uji Ketahanan Air

Sampel	W <sub>0</sub> (gram)	W (gram)				ΔW (gram)
A	0,013	0,016	0,016	0,016		0,003
	0,015	0,018	0,018	0,018		0,003
	0,015	0,018	0,018	0,018		0,003
B	0,017	0,021	0,021	0,021	0,021	0,004
	0,015	0,018	0,019	0,019	0,019	0,004
	0,014	0,017	0,019	0,019	0,019	0,005
C	0,016	0,020	0,021	0,021	0,021	0,005
	0,017	0,023	0,022	0,022	0,022	0,005
	0,017	0,022	0,022	0,022	0,022	0,005
D	0,025	0,034	0,033	0,033	0,033	0,009
	0,022	0,031	0,031	0,031	0,031	0,008
	0,024	0,034	0,034	0,034	0,034	0,001
E	0,022	0,031	0,031	0,031		0,008
	0,021	0,029	0,029	0,029		0,009
	0,023	0,033	0,033	0,033		0,001
F	0,017	0,023	0,025	0,025	0,025	0,008
	0,017	0,025	0,026	0,026	0,026	0,009
	0,017	0,025	0,025	0,025	0,025	0,008

Rumus uji ketahanan air:

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{\Delta W}{W_0} \times 100\%$$

**A - Pati-aquades-gliserol 20%**

$$\Delta W = 0,003 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0143 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,003}{0,0143} \times 100\% = 20,98\%$$

$$\text{Sifat hidrofobitas} = 100\% - 20,98\% = 79,02\%$$

**B - Pati-aquades-gliserol 25%**

$$\Delta W = 0,0043 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0153 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0043}{0,0153} \times 100\% = 28,105\%$$

Sifat hidrofobisitas =  $100\% - 28,10\% = 71,9\%$

**C - Pati-aquades-gliserol 30%**

$\Delta W = 0,005$  gram ;  $W_0 = 0,0167$  gram

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,005}{0,0167} \times 100\% = 29,94\%$$

Sifat hidrofobisitas =  $100\% - 29,94\% = 70,06\%$

**D - Pati-pentanol-gliserol 20%**

$\Delta W = 0,009$  gram ;  $W_0 = 0,0236$  gram

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,009}{0,0236} \times 100\% = 38,13\%$$

Sifat hidrofobisitas =  $100\% - 38,13\% = 61,87\%$

**E - Pati-pentanol-gliserol 25%**

$\Delta W = 0,009$  gram ;  $W_0 = 0,022$  gram

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,009}{0,022} \times 100\% = 40,9\%$$

Sifat hidrofobisitas =  $100\% - 40,9\% = 59,1\%$

**F - Pati-pentanol-gliserol 30%**

$\Delta W = 0,0085$  gram ;  $W_0 = 0,017$  gram

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0085}{0,017} \times 100\% = 50\%$$

Sifat hidrofobisitas =  $100\% - 50\% = 50\%$



## LAMPIRAN 5

### Analisis Data Uji Biodegradabilitas

Sampel	$W_0$ (gram)	$W_A$ (gram)	$\Delta W_A$ (gram)
Pati-aquades-gliserol 20%	0,0819	0,0375	0,0444
Pati-aquades-gliserol 25%	0,0819	0,0350	0,0469
Pati-aquades-gliserol 30%	0,0811	0,0184	0,0627
Pati-pentanol-gliserol 20%	0,1182	0,0590	0,0592
Pati-pentanol-gliserol 25%	0,0642	0,0056	0,0586
Pati-pentanol-gliserol 30%	0,0946	0,0207	0,0739

Rumus uji biodegradabilitas:

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{\Delta W_A}{W_0} \times 100\%$$

#### Pati-aquades-gliserol 20%

$$\Delta W_A = 0,0444 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0819 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0444}{0,0819} \times 100\% = 54\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 44,4 \text{ mg/6 hari} = 7,4 \text{ mg/hari}$$

#### Pati-aquades-gliserol 25%

$$\Delta W_A = 0,0469 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0819 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0469}{0,0819} \times 100\% = 57\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 46,9 \text{ mg/6 hari} = 7,82 \text{ mg/hari}$$

#### Pati-aquades-gliserol 30%

$$\Delta W_A = 0,0627 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0811 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0627}{0,0811} \times 100\% = 77\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 62,7 \text{ mg/6 hari} = 10,45 \text{ mg/hari}$$

**Pati-pentanol-gliserol 20%**

$$\Delta W_A = 0,0592 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1182 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0592}{0,1182} \times 100\% = 50\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 59,2 \text{ mg/6 hari} = 9,87 \text{ mg/hari}$$

**Pati-pentanol-gliserol 25%**

$$\Delta W_A = 0,0586 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0642 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0586}{0,0642} \times 100\% = 91\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 58,6 \text{ mg/6 hari} = 9,76 \text{ mg/hari}$$

**Pati-pentanol-gliserol 30%**

$$\Delta W_A = 0,0739 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0946 \text{ gram}$$

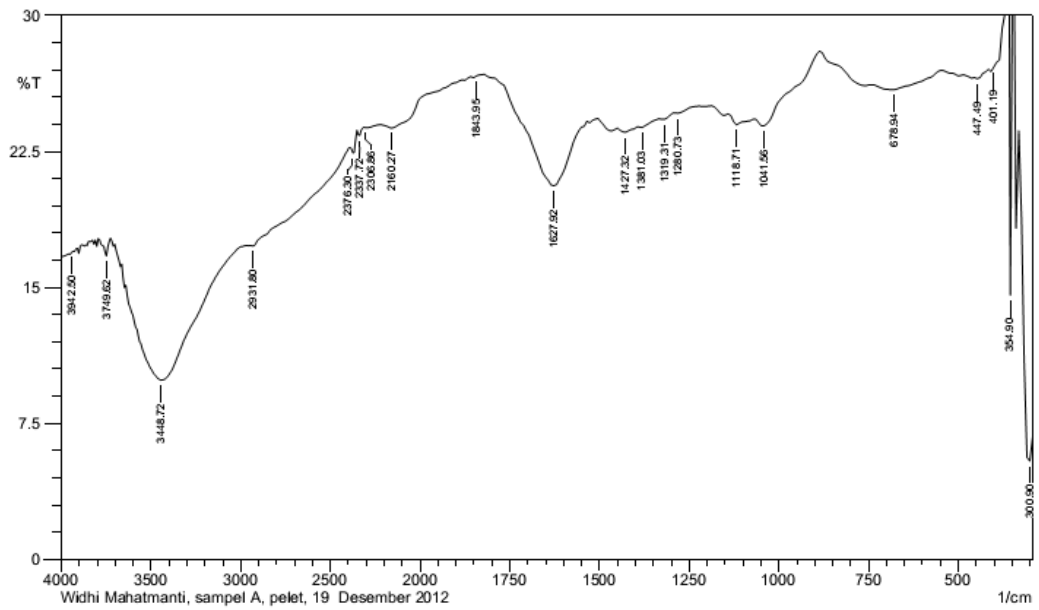
$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0739}{0,0946} \times 100\% = 78\%$$

$$\text{Degradabilitas} = 73,9 \text{ mg/6 hari} = 12,32 \text{ mg/hari}$$

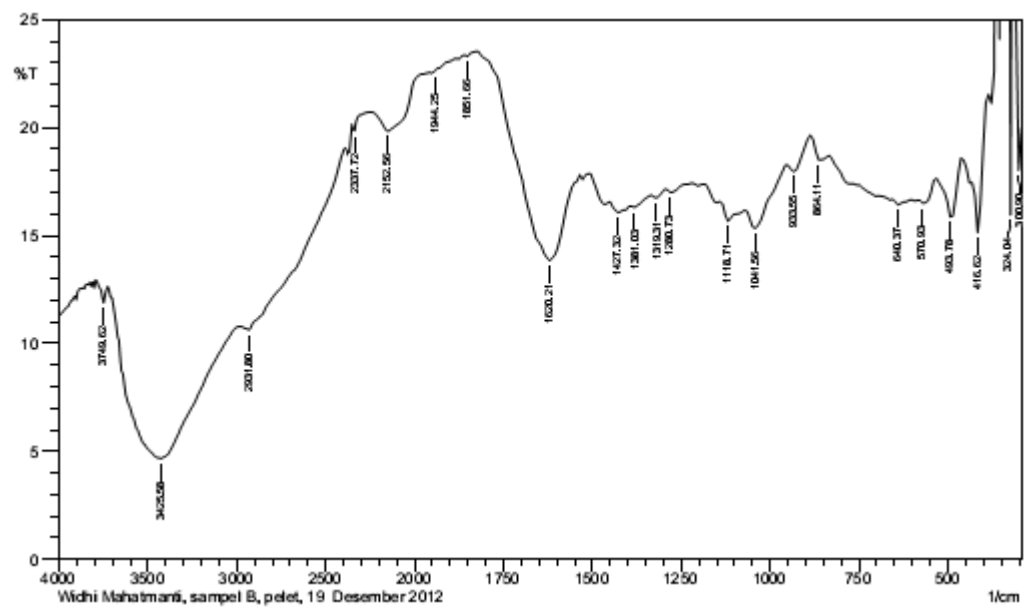
## LAMPIRAN 6

### Analisis Gugus Fungsi

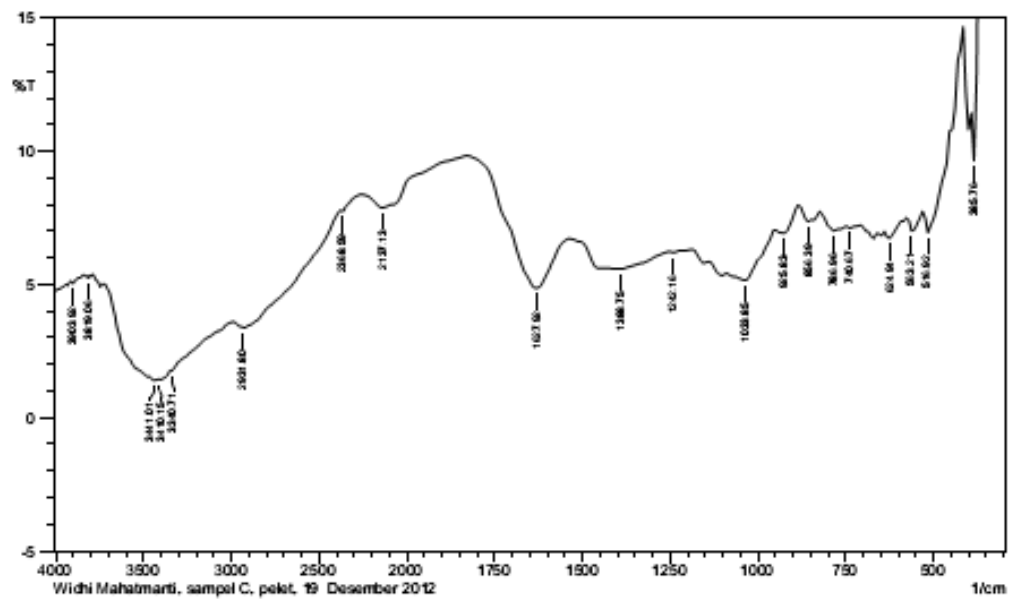
Spektra FTIR Pati-aquades-glisserol 20%



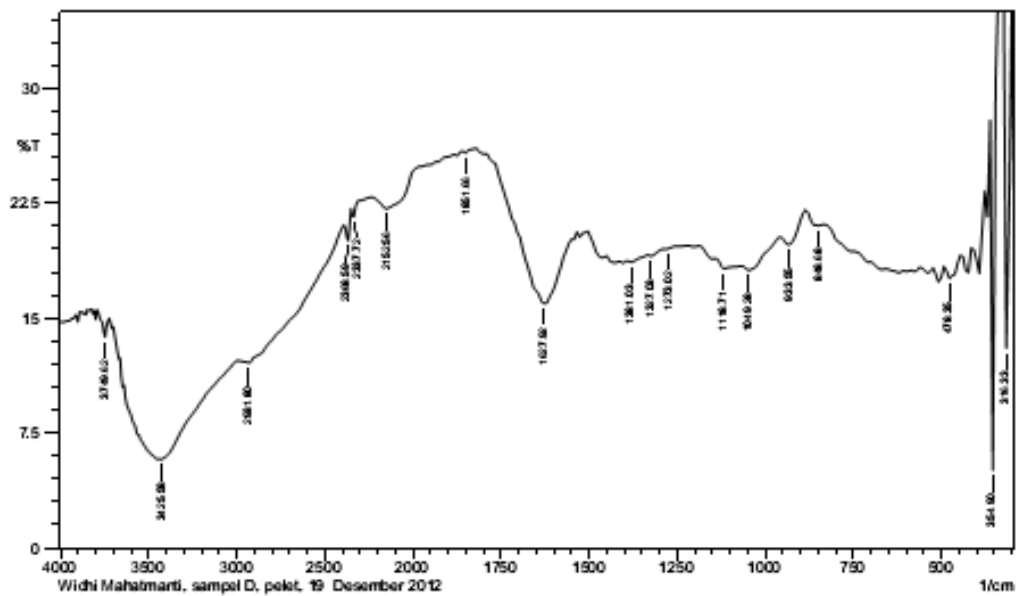
Spektra FTIR Pati-aquades-glisserol 25%



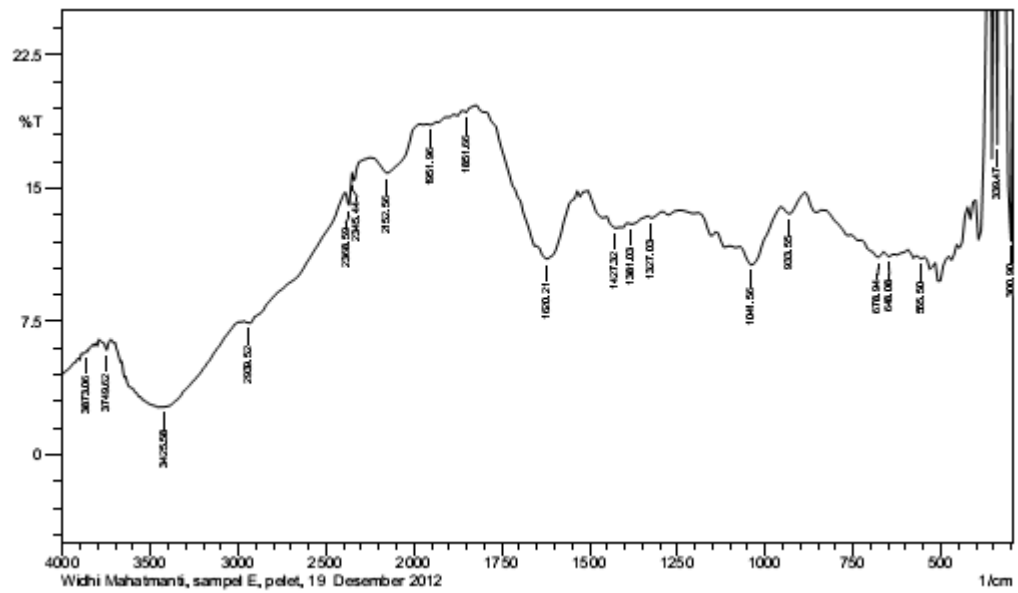
### Spektra FTIR Pati-aquades-glisерol 30%



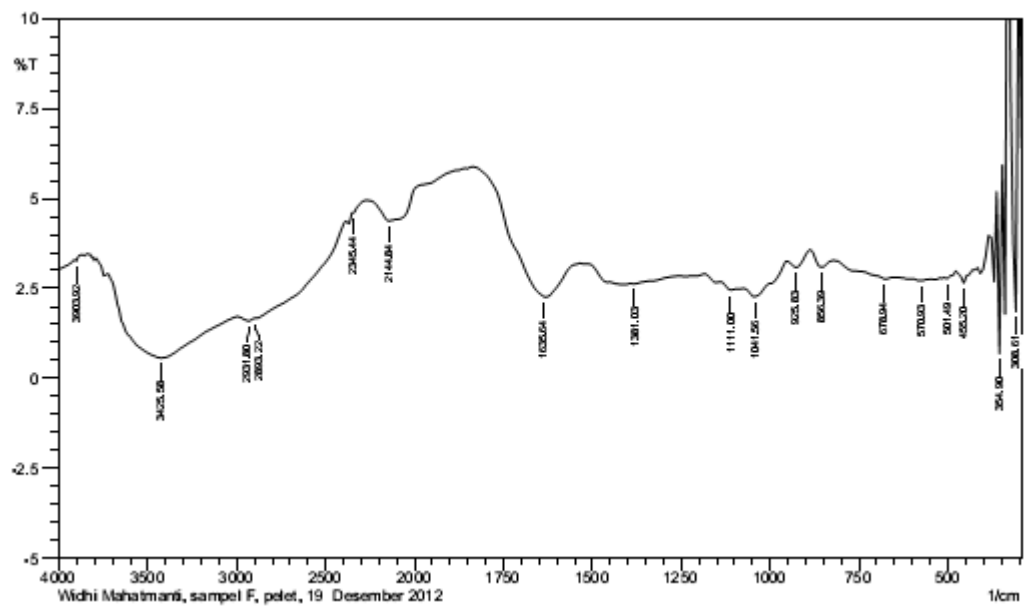
### Spektra FTIR Pati-pentanol-glisерol 20%



Spektra FTIR Pati-pentanol-gliserol 25%



Spektra FTIR Pati-pentanol-gliserol 30%



## LAMPIRAN 7

## Dokumentasi Penelitian

## Pembuatan Tepung Pati



Biji nangka yang telah dikupas



Biji nangka yang telah dipotong kecil-kecil



Proses penghalusan biji nangka dengan cara diblender



Proses mengekstrak pati dengan cara diperas, disaring dan diambil filtratnya

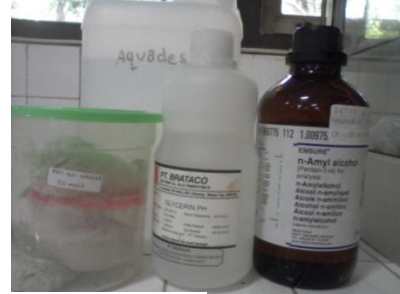


Proses pengendapan untuk mendapatkan endapan pati



Proses pengeringan pati dengan cara dioven

## Pembuatan Plastik Pati Biji Nangka



Alat dan bahan yang digunakan



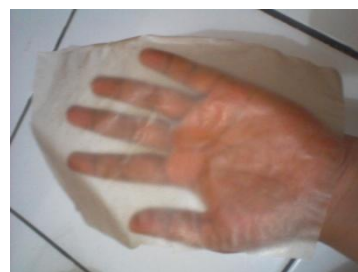
Proses pembuatan adonan



Proses pencetakan plastik

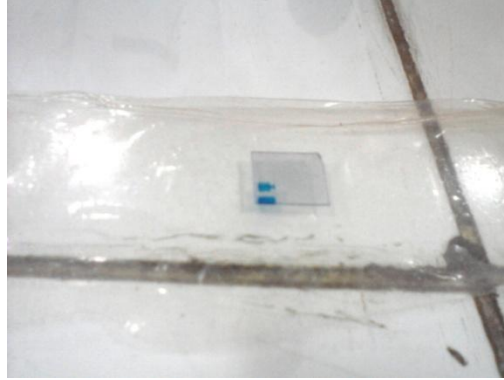


Permukaan bagian bawah plastik  
(bersentuhan dengan cetakan)



Permukaan bagian atas plastik  
(tidak bersentuhan dengan cetakan)

## Uji Ketahanan Air



Pemotongan plastik ukuran 1x1 cm



Set alat uji ketahanan air



Plastik yang telah diuji



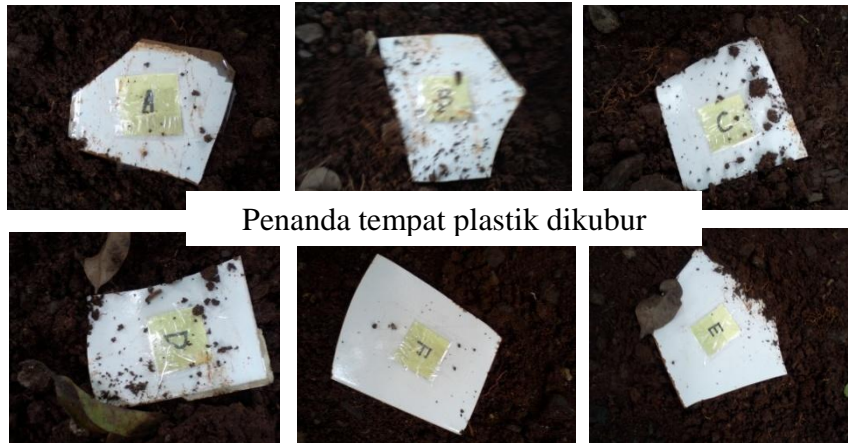
## Uji Biodegradable



Pemotongan plastik ukuran 5x1 cm



Penguburan sampel

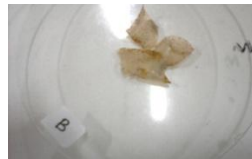


Penanda tempat plastik dikubur

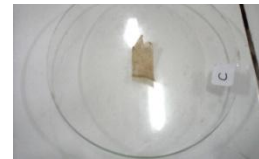
Aquades-glisierol 20%



Aquades-glisierol 25%



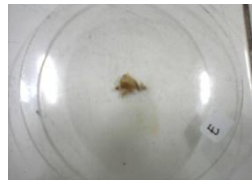
Aquades-glisierol 30%



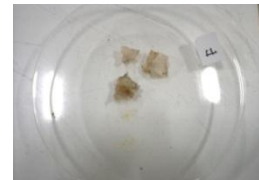
Pentanol-glisierol 20%



Pentanol-glisierol 25%



Pentanol-glisierol 30%



Keadaan plastik setelah penguburan

## Uji Kuat Tarik Dan Elongasi



Cetakan / pola sampel uji kuat tarik



Alat kuat tarik dan elongasi, serta proses pengujiannya