



**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI *BIOFILM* PATI  
GEMBILI-KITOSAN DENGAN *PLASTICIZER* POLIVINIL  
ALKOHOL (PVA)**

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh:

Dyah Listiyaningsih

4350408060

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2013**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Pembuatan dan Karakterisasi *Biofilm* Pati gembili-Kitosan dengan *Plasticizer* Polivinil alkohol (PVA)” telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Semarang, September 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Woro Sumarni, M.Si  
NIP. 196507231993032001

Agung Tri Prasetya, SSi, M.Si  
NIP. 196904041994021001

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Pembuatan dan Karakterisasi *Biofilm* Pati gembili-Kitosan dengan  
*Plasticizer* Polivinil alkohol (PVA)

disusun oleh

Nama : Dyah Listiyaningsih

NIM : 4350408060

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang  
pada tanggal:

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si  
NIP. 196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M.Si  
NIP.196507231993032001

Ketua Penguji

Drs. Eko Budi Susatyo  
NIP. 196511111990031003

Anggota Penguji/  
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/  
Pembimbing Pendamping

Dra. Woro Sumarni, M.Si  
NIP. 196507231993032001

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si  
NIP. 196904041994021001

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan plagiat 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, September 2013  
Penulis,

Dyah Listyaningsih  
NIM. 4350408060

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### **Motto:**

**Berangkat dengan penuh keyakinan # Berjalan dengan penuh keikhlasan #Tawakal dalam menghadapi cobaan**

**Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah (*Lessing*)**

**Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak (*Ernest Newman*)**

### **Persembahan:**

**Kepada ALLAH SWT yang telah melimpahkan segalanya  
kepada kedua orang tuaku (ibu dan bapakku)  
kepada keluarga besar Bani H. Syamsi  
kepada adik imutku  
kepada MAS yang Selalu membantu saya  
kepada seluruh guru yang telah memberi ilmu  
kepada Big Family of Chemistry '08  
kepada keluarga di unnes dan kawan tercinta di UNNES  
kepada pembaca dan hamba ALLAH SWT**

## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pembuatan dan Karakterisasi *Biofilm* Pati gembili-Kitosan dengan *Plasticizer* Polivinil alkohol (PVA)”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi ini. Ucapan terima kasih terutama disampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Jurusan Kimia, FMIPA UNNES untuk petunjuk dan arahan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Dra. Woro Sumarni, M.Si., Dosen Pembimbing I untuk masukan dan arahan dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si., Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, petunjuk, bimbingan dengan sabar dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Skripsi ini.
6. Bapak Dra. Eko Budi Susatyo, M.Si., Penguji utama yang telah memberikan pengarahan, kritikan membangun sehingga Skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
8. Segenap Karyawan dan Staf Laboratorium untuk bantuan tenaga, arahan selama penelitian.
9. Kepada ibuku Barokah dan bapakku Sartono atas perhatian, dukungan, kesabaran dan cinta kasihnya sehingga skripsi ini selesai.
10. Kepada keluarga besarku Bani H. Syamsi dan Simbah Tarmono yang selalu mendo'akan agar Skripsi ini cepat selesai.
11. Sahabat atas bantuan, motivasi dan doanya selama penelitian.
12. Kepada teman-teman kimia Selli, Metta, dan kawan-kawannya atas dukungan dan semangatnya.

13. Kepada Bapak Ustadz ponpes At-taufiq atas do'a dan berkah mujahadah setiap bulannya.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penelitian, penyusunan Skripsi dan segala hal kepada penulis.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan Skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, September 2013

Penulis

## ABSTRAK

Listiyaningsih, D. 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Biofilm dari Pati Gembili-Kitosan dengan Plasticizer Polivinil Alkohol (PVA)*. Skripsi, Jurusan Kimia, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dra. Woro Sumarni, M.Si dan Pembimbing Pendamping Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si,

Penelitian *Biofilm* dari pati gembili-kitosan dengan *plasticizer* polivinil alkohol (PVA) yang telah dilakukan dengan pembuatan pati dari umbi gembili. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki karakterisasi sifat mekanik *biofilm* dari variasi komposisi konsentrasi pati (1, 2, 3, 4, 5)%, ditambahkan massa polivinil alkohol (PVA) sebanyak (1, 2, 3) gram dan komposisi terkendali kitosan 2% (b/v) dengan menggunakan metode pembuatan *dope* dari larutan pati, larutan kitosan dan PVA diaduk kemudian dicetak, didiamkan 24 jam dan di keringkan dalam oven menghasilkan kehilangan berat berkisar antara 11,78-88,64% pada uji biodegradabilitas dan kuat tarik optimal sebesar 34,46 Mpa pada penambahan 3 gram PVA dan 4%. *Biofilm* ini bersifat hidrofilik lemah karena nilai ketahanan air mencapai 57,09% pada penambahan 2% pati dan 3 gram PVA dengan hasil optimal sebesar 13,05% pada penambahan 1 gram PVA dan 1% pati. Hasil ini dipengaruhi komponen penyusunnya yaitu pati dan polivinil alkohol (PVA) yang bersifat hidrofil. Hasil analisis gugus fungsi FT-IR pada *biofilm* menunjukkan adanya gugus C=O karbonil dan C-O ester sehingga dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan *biofilm* dikatakan ramah terhadap lingkungan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar didapatkan hasil sintesis *biofilm* yang lebih tahan terhadap air.

Kata Kunci: Pati gembili, Kitosan, Polivinil alkohol (PVA), *Biofilm*, FT-IR



## ABSTRACT

Listiyaningsih, D. 2013. Synthesis and Characterization of Biofilm at Gembili Starch-Chitosan with Polyvinyl Alcohol (PVA) as Plasticizer. Skripsi, Department of Chemistry, Chemistry Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Advisor: Dra. Woro Sumarni, M.Si., Co Advisor Tri Prasetya, S.Si, M.Si.

This research of biofilm at gembili starch-chitosan with polyvinyl alcohol (PVA) as plasticizer has been done with the manufacture of starch from tubers gembili. The purpose of this research is to improve the characterization of the mechanical properties of biofilm is made various concentration of starch (1, 2, 3, 4, 5)% and then added polyvinyl alcohol (PVA) as plasticizer composition ((1, 2, 3) grams and chitosan composition is constant 2% (w/v) by using the method of making dope of starch solution, a solution of chitosan and PVA were stirred and then be printed, at quiescent 24 hours and be dried in an oven produces loss weight ranged from 11.78 to 88.64% on the test biodegradability and optimum tensile strength of 34.4 MPa at 3 grams of PVA and the addition of 4%. This biofilm hydrophilic weak because water uptake value reached 57.09% on the addition of 2% starch and 3 grams of PVA with optimal results by 13.05% on the addition of 1 gram of PVA and 1% starch. These results influenced the constituent components of starch and polyvinyl alcohol (PVA), which is hydrophilic. Analysis result of functional groups FT-IR of biofilm showing there are carbonyl (C=O) and ester (C-O) group so be degraded by microorganisms and biofilms not be innocuous to environment. Need to do more research biofilm synthesis, to obtain better water uptake.

Key Words: Starch gembili, Chitosan, Polyvinyl alcohol (PVA), Biofilm, FT-IR

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Plastik .....	6
2.2. <i>Biofilm</i> .....	7
2.3. Pati Gembili .....	9
2.4. Kitosan .....	11
2.5. Polivinil Alkohol sebagai <i>Plasticizer</i> .....	14
2.6. Hidrofobitas .....	16
2.7. FT-IR ( <i>Fourier Transform Infared</i> ) .....	16
2.8. <i>Tensile- Strenght</i> / Kuat Tarik .....	18

2.9 Biodegradabilitas .....	19
2.10. Kerangka Berfikir .....	20
2.11. Karakteristik Plastik .....	22
2.11.1. Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan .....	22
2.11.1. Uji Biodegradabilitas .....	22
2.11.1. Uji Ketahanan Terhadap Air .....	23
2.11.1. Uji Gugus Fungsi .....	23
<b>BAB III : METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Populasi dan Sampel .....	24
3.2. Variabel Penelitian .....	25
3.2.1. Variabel Bebas .....	25
3.2.2. Variabel Terikat .....	25
3.2.3. Variabel Terkendali .....	25
3.3. Alat dan Bahan .....	26
3.4. Prosedur Penelitian .....	26
3.5. Perlakuan Awal .....	27
3.5.1. Pembuatan Pati Gembili .....	27
3.5.2. Pembuatan Asam Asetat .....	27
3.5.3. Pembuatan Larutan Pati .....	27
3.5.4. Pembuatan Kitosan Konsentrasi 2% .....	27
3.5.5. Sterilisasi Cetakan <i>Biofilm</i> .....	27
3.6. Perlakuan Pembuatan <i>Biofilm</i> .....	28
3.7. Karakterisasi Plastik	
3.7.1. Uji kuat tarik dan Persen Pemanjangan .....	29
3.7.2. Uji Biodegradabilitas .....	30
3.7.3. Uji Ketahanan Air .....	31
<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian .....	32
4.2. Pembuatan Biofilm dari Pati Gembili-Kitosan dan PVA .....	32
4.3. Data Ketebalan <i>Biofilm</i> .....	33
4.4. Data Hasil Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan.....	33

4.5. Data Hasil Uji Biodegradabilitas .....	34
4.6. Data Hasil Uji Ketahanan Air .....	35
4.7. Data Hasil Uji Gugus Fungsi .....	35
4.8 Data Sifat Mekanik Plastik .....	36
4.9. Pembahasan Hasil Penelitian .....	36
4.9.1. Uji Kuat Tarik .....	36
4.9.2. Uji Persen Pemanjangan .....	39
4.9.3. Uji Biodegradabilitas .....	41
4.9.4. Uji Ketahanan Terhadap Air .....	42
4.9.5. Uji Gugus Fungsi .....	44
<b>BAB V : PENUTUP</b>	
5.1. Simpulan .....	48
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>Lampiran - Lampiran .....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Stuktur Kimia Pati .....	10
2.2. Stuktur Kimia Kitosan .....	13
2.3. Stuktur Polivinil Alkohol .....	14
2.4. Struktur Komponen Dasar FT-IR .....	16
2.5. Contoh Spektrum FT-IR .....	17
2.6. Kerangka Berfikir Penelitian .....	22
3.1. Spesimen Pengujian Kuat Tarik .....	30
3.2. Alat Uji Kuat Tarik .....	30
4.1. Hasil Sintesis <i>Biofilm</i> Pati Gembili-Kitosan dan PVA .....	32
4.2. Pengaruh Pati dan Massa PVA Terhadap Kuat Tarik .....	37
4.3. Pengaruh Pati dan Massa PVA Terhadap Persen Pemanjangan .....	39
4.4. Pengaruh Pati dan Massa PVA Terhadap Biodegradabilitas.....	41
4.5. Pengaruh Pati dan Massa Polivinil Alkohol terhadap Ketahanan Air .....	43
4.6. Spektrum Pati, Kitosan, PVA yang dibandingkan dengan <i>Biofilm</i> dan Perbandingan <i>Biofilm</i> yang Terendah dengan Tertinggi .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.4. Kandungan Tepung Pati Gembili .....	11
2.2. Karakteristik Kitosan .....	13
4.1. Ketebalan <i>Biofilm</i> Pati Gembili-kitosan dan PVA .....	33
4.2. Hasil Uji kuat Tarik dan Persen Pemanjangan <i>Biofilm</i> .....	33
4.3. Hasil Analisis Uji Biodegradabilitas .....	34
4.4. Hasil Uji Analisis Ketahanan <i>Biofilm</i> Terhadap Air .....	35
4.5. Hasil Analisis Gugus Ujung Menggunakan FT-IR .....	35
4.6. Sifat Mekanik Plastik .....	36

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir Penelitian .....	53
2. Perhitungan .....	57
3. Dokumentasi Penelitian .....	84

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Bahan makanan pada umumnya sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas karena faktor lingkungan, kimia, biokimia, dan mikrobiologi. Penurunan kualitas tersebut dapat dipercepat dengan adanya oksigen, air, cahaya, dan temperatur. Salah satu cara pencegahannya adalah dengan pengemasan yang tepat. Pengemasan makanan yaitu suatu proses pembungkusan makanan bahan pengemas yang sesuai, memiliki kegunaan dan karakteristik yang sesuai untuk mempertahankan dan melindungi makanan. Biasanya yang digunakan adalah plastik (Wahyu, 2009).

Plastik sebagai bahan pengemas, banyak digunakan sebagai pembungkus makanan, alas makanan dan minum, untuk keperluan sekolah, kantor, automotif dan berbagai sektor lainnya (Nurminah, 2002). Kestabilan material ini semakin berkembang sehingga sifatnya tahan terhadap degradasi mikroorganisme (Aryanti, 2013). Penemuan bidang kimia ini menjadikan hidup manusia lebih mudah dengan keunggulannya yaitu kuat, ringan, fleksibel, ekonomis, transparan, tidak mudah pecah dan stabil untuk kebutuhan sehari-hari. Kelebihannya sebagai salah satu polutan yang sangat besar pengaruhnya dan merupakan salah satu jenis



sampah padat yang tidak dapat terdegradasi secara alami yang akan menjadi masalah lingkungan berskala global.

Menurut Sanjaya dan Puspita (2011) plastik yang tidak dapat terdegradasi mikroorganisme di lingkungan mengakibatkan terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan karena bersifat karsinogenik yang berbahaya bagi kesehatan salah satunya menyebabkan penyakit kanker. Monomer-monomer tersebut akan masuk ke dalam makanan dan selanjutnya akan masuk ke dalam tubuh orang yang mengkonsumsinya. Bahan kimia yang telah masuk ke dalam tubuh ini tidak dapat larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang keluar bersama urin maupun feses (Siswono, 2008). Wacana tersebut membuktikan bahwa plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetis dari minyak bumi yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan merugikan bagi lingkungan. Berdasarkan fakta, kajian ilmiah serta meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan tubuh dan lingkungan, perlu dilakukannya penelitian dan pengembangan teknologi bahan kemasan yang bersifat *biodegradable* (Latief, 2001).

Indonesia sebagai negara yang kaya sumber daya alam (hasil pertanian) potensial menghasilkan berbagai bahan biopolimer sehingga teknologi kemasan plastik *Biofilm* mempunyai prospek yang baik (Darni, dkk., 2008). Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat *Biofilm* adalah senyawa-senyawa yang terdapat pada tanaman seperti pati (Steven, 2007). Dalam pembuatan *Biofilm* ini pati digunakan sebagai bahan utama karena

merupakan bahan yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan. Bakteri EM4 digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri untuk fermentasi bahan organik tanah. Berdasarkan penelitian Sanjaya dan Puspita (2011) EM4 adalah kultur campuran mikro yang terdiri dari bakteri *lactobacillus*, *actinomyces*, *streptomyces*, ragi jamur dan bakteri fotogenik yang bekerja saling menunjang dalam dekomposisi bahan organik dengan molekul EM4 berlangsung secara fermentasi baik dalam keadaan aerob maupun anaerob.

Di Indonesia banyak tanaman yang mengandung pati terutama umbi-umbian penghasil pati seperti umbi ganyong, ubi kelapa (uwi), suweg, gembili, dan sebagainya (Richana dan Sunarti, 2004). Kandungan pati dalam gembili dapat menjadi alternatif bahan dasar pembuatan *biofilm* karena diantara umbi-umbian seperti ganyong, ubi kelapa (uwi) dan suweg, gembili memiliki rendemen pati tertinggi sebesar 12,93%. Komposisi pati pada umumnya terdiri dari amilopektin sebagai bagian terbesar dan sisanya amilosa (Hartati dan Prana, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian Firdaus, dkk (2008) hasil sifat mekanik optimal dengan kuat tarik sebesar 104,42 N/m<sup>2</sup>, persen elongasi 33,80%, Sanjaya dan Puspita (2011) hasil sifat mekanik optimal dengan kuat tarik sebesar 6269,59 psi, persen elongasi 1,27%, Wafiroh, dkk (2010) hasil sifat mekanik optimal dengan kuat tarik sebesar 0,3563 kN/mm<sup>2</sup>, ketahanan airnya 6,08% dari plastik *biodegradable* atau *Biofilm* tersebut telah dilakukan menggunakan bahan dasar pati, namun *Biofilm*

yang dihasilkan memiliki kelemahan adalah memiliki sifat fisik yang rendah (kekuatan tarik dan elastisitas), sehingga diperlukan adanya bahan tambahan untuk meningkatkan sifat fisik plastik tersebut dengan biopolimer lain seperti kitosan yang tidak beracun dan memiliki sifat larut dalam suatu larutan asam organik yaitu asam asetat (Robert, 1992 sebagaimana dikutip Meiratna, 2008). Mengatasi sifat kaku dari *biofilm* digunakan polivinil alkohol (PVA) sebagai *plasticizer* agar plastik yang dihasilkan lebih elastis. PVA adalah polimer sintetik yang larut dalam air dan tidak beracun, serta dapat terdegradasi secara alami atau *biodegradable* (Tudorachi *et al.*, 2000).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini akan mengkaji tentang pembuatan *biofilm* dari gambili-kitosan dan mencampur *plasticizer* PVA (Polivinil Alkohol) untuk memperbaiki sifat mekanik (fisik) *biofilm*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang, permasalahan yang dapat dikaji dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh kadar pati dan massa PVA (Polivinil Alkohol) pada sifat mekanik *biofilm* dari pati gambili-kitosan dengan *plasticizer* PVA?
2. Bagaimana karakteristik *biofilm* dari pati gambili-kitosan dengan penambahan *plasticizer* PVA (Polivinil Alkohol)?
3. Bagaimana biodegradabilitas *biofilm* terhadap hasil optimasi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikaji, maka tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh kadar pati dan massa PVA (Polivinil Alkohol) pada sifat mekanik *biofilm* dari pati gembili-kitosan.
2. Mengetahui karakterisasi *biofilm* dari pati gembili-kitosan dengan penambahan *plasticizer* PVA (Polivinil Alkohol).
3. Mengetahui ketahanan air *biofilm* dari hasil optimasinya.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai pengemban ilmu pengetahuan tentang *biofilm* dari pati gembili-kitosan dan menginformasikan tentang pemanfaatan pati gembili-kitosan dengan penambahan *plasticizer* PVA (Polivinil Alkohol) sebagai *biofilm* yang tahan terhadap air.
2. Menambah pengetahuan tentang karakterisasi *biofilm* dari pati gembili-kitosan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Plastik**

Plastik mempunyai peranan besar dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan, minuman karena sifatnya yang kuat, fleksibel dan praktis. Menurut definisi dari Apriyanto (2007) dan Aryanti (2013) plastik sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peran yang penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk lain dan mempunyai sifat, struktur yang rumit. Hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Steven, 2007).

Berdasarkan uraian diatas plastik dibedakan atas dua tipe yaitu plastik yang bersifat thermoplastis adalah plastik yang dapat dicetak secara berulang-ulang (*recycling*) dengan adanya panas dicirikan oleh volume yang tinggi dan harganya murah contohnya polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon (Mujiarto, 2005). *Thermoset* adalah plastik yang apabila

telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi (pemanasan dan pendinginan), memiliki volume rendah dan harganya lebih mahal contohnya PU (*Poly Urethane*), MF (*Melamine Formaldehyde*), dan *polyester*.

## **2.2 Biofilm**

Bahan pengemas umumnya digunakan saat ini adalah plastik konvensional atau plastik sintesis dibuat dari minyak bumi, bersifat *non-biodegradable* dan mempunyai kestabilan fisiko-kimia yang sangat kuat sehingga plastik tidak dapat terdegradasi secara alami dan dianggap tidak ramah lingkungan dan mencemari lingkungan (Tegar, 2009 sebagaimana dikutip Putri, 2011).

Alternatif solusi dalam menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan kemasan plastik *biodegradable* atau *biofilm* yang ramah lingkungan. *Biofilm* adalah lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan dan bermanfaat untuk bahan pengemas yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti kadar air, oksigen, lemak dan cahaya (Gandhiasiari, 2000 sebagaimana dikutip Putri, 2011). Dalam kondisi dan waktu tertentu *biofilm* dapat mengalami perubahan struktur kimianya karena terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, alga dan jamur. Hal ini disebabkan adanya serangan kimia oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme sehingga dapat memutuskan rantai polimer.

Berdasarkan proses pembuatannya *Biofilm* atau plastik yang dapat terdegradasi dibedakan atas 3 tipe yaitu :

1. Plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme.
2. Plastik yang dibuat berdasarkan hasil rakayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan bahan berpati (*amylase*).
3. Plastik dengan bahan baku polimer sintetik sebagai hasil dari sintesis minyak bumi seperti poliester kopolimer.

*Biofilm* alami berasal dari sumberdaya alam yang terbarukan seperti: pati dan kitosan. Senyawa hasil degradasi *biofilm* selain menghasilkan karbon dioksida dan air, selain itu menghasilkan senyawa organik dan aldehyd sehingga plastik ini aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi oleh alam, *biofilm* dapat terdekomposisi selama 10 hingga 20 kali lebih cepat. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan ternak atau sebagai pupuk kompos. *Biofilm* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia yang berbahaya (Huda & Firdaus, 2007).

Menurut Widyaningsih, dkk (2012) Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas plastik setelah hidrofobisitas, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi dan berat molekul bahan plastik. Makin besar bobot molekul suatu bahan makin rendah biodegradabilitasnya. Bentuk *film* memiliki tingkat biodegradabilitas

paling rendah. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunannya berat molekul atau pemendekan panjang rantai.

Tingkat biodegradasi polimer *biodegradable* dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti suhu, kadar air (ukuran konsentrasi air), tingkat aerasi (ukuran konsentrasi oksigen), keasaman (ukuran konsentrasi asam) dan konsentrasi mikroorganisme itu sendiri (Rochmadi, 2006).

### **2.3 Pati Gembili**

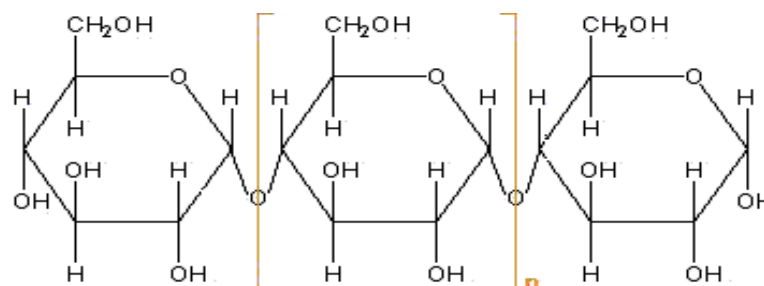
Pati memegang peranan penting dalam berbagai industri seperti kertas, lem, tekstil, permen, glukosa, dektrosa, sirup fruktosa. Dalam perdagangan pati dikenal ada dua jenis yaitu pati biasa yang belum dimodifikasi dan pati yang telah dimodifikasi (Koswara, 2006 sebagaimana dikutip Pudjihastuti, 2010).

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik yang banyak terdapat pada tumbuhan terutama pada biji-bijian, umbi-umbian. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai atom karbonnya, serta lurus atau bercabang (Koswara, 2006 sebagaimana dikutip Pudjihastuti, 2010). Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti: protein dan lemak. Umumnya pati mengandung 15–30% amilosa,



70–85% amilopektin dan 5–10% material antara. Struktur dan jenis material antara tiap sumber pati berbeda tergantung sifat-sifat botani sumber pati tersebut (Greenwood dkk., 1979 sebagaimana dikutip Pudjihastuti, 2010). Pada penelitian ini akan dibuat *biofilm* atau plastik *biodegradable* dari pati gembili.

Gembili (*Dioscorea esculenta*) adalah tanaman yang menghasilkan umbi yang sudah langka, belum banyak dibudidayakan. Tanaman ini banyak ditanam di daerah pedesaan yang biasanya digunakan sebagai bahan pangan pengganti beras, makanan selingan, bahkan hanya dibiarkan saja tumbuh beberapa tahun. Hal ini dikarenakan jenis umbi ini mempunyai harga jual yang murah dan banyak masyarakat beranggapan bahwa mengkonsumsi umbi-umbian sebagai bahan pangan berkelas rendah. Umbi gembili memiliki lilitan batang ke kiri, mempunyai rambut atau duri pada batang serta mempunyai bentuk daun menjantung (Verawati, 2007). Umbi tanaman gembili biasanya digunakan sebagai sumber karbohidrat setelah dimasak atau dibakar. Struktur kimia dari pati terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur kimia pati

Kandungan tepung pati gembili disajikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kandungan gizi gembili

Komposisi gizi	Satuan	Kandungan gizi
Kadar air	% b/b	11,01
Kadar abu	% b/b	2,75
Kadar lemak	% b/b	2,69
Kadar protein	% b/b	11,36
Kadar karbohidrat	% b/b	74,16
Serat kasar	% b/b	1,36
Vitamin A	IU/100 g	600
Vitamin B1	mg/kg	9,67
Vitamin C	mg/kg	6,01
Vitamin D	mg/kg	5,40

Sumber: Winarno (2002)

## 2.4 Kitosan

Kitosan adalah padatan amorf putih kekuningan, tidak beracun dan baik sebagai flokulan dan koagulan serta mudah membentuk membran atau *film* (Meiratna, 2008), merupakan polimer rantai panjang yang disusun oleh monomer-monomer glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-glikosa). Biopolimer ini disusun oleh 2 jenis amino yaitu glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-glukosa, 70-80%) dan N-asetilglukosamin (2-asetamino-2-deoksi-D-glukosa, 20-30%). Berat molekul kitosan adalah  $1,036 \times 10^6$  Dalton. Berat molekul tergantung dari degradasi yang terjadi pada saat proses pembuatannya. Semakin sedikit gugus asetil yang hilang dari polimer kitosan interaksi antar ion dan ikatan hidrogen dari kitosan akan semakin kuat (Astuti, 2008).

Sifat dari kitosan adalah tidak larut dalam air, memiliki ketahanan kimia cukup baik, larut dalam larutan asam tetapi tidak larut dalam basa dan ikatan silang kitosan memiliki sifat tidak larut dalam media

campuran asam dan basa, memiliki reaktivitas kimia yang tinggi karena mengandung gugus OH dan gugus  $\text{NH}_2$  (Muzzarelli, 1997). Tetapi menurut (Kumar *et al.*, 2000) kitosan mempunyai sifat yang lebih spesifik yaitu dengan adanya sifat bioaktif, biokomposit, pengkelat, antibakteria dan dapat terdegradasi.

Sandford dan Hutchins sebagaimana dikutip Meiratna (2008) menyatakan sifat kationik, biologi, dan sifat kimia kitosan adalah sebagai berikut :

#### 1. Sifat kationik

Jumlah muatan positif tinggi : suatu muatan per unit gugus glukosamin, jika banyak material bermuatan negatif (seperti protein) maka muatan positif kitosan berinteraksi kuat dengan muatan negatif lain (polimer), flokulan yang baik: gugus  $\text{NH}_3^+$  berinteraksi dengan muatan negatif dari polimer lain.

#### 2. Sifat biologi

Dapat terdegradasi secara alami, polimer alami, non toksik.

#### 3. Sifat kimia

Linier poliamin (poli D-glukosamin) yang memiliki gugus amino yang baik untuk reaksi kimia dan pembentukan garam dengan asam, gugus amino yang reaktif, gugus hidroksil yang reaktif ( $\text{CH}_3\text{-OH}$ ,  $\text{C}_6\text{-OH}$ ) yang dapat membentuk senyawa turunannya.

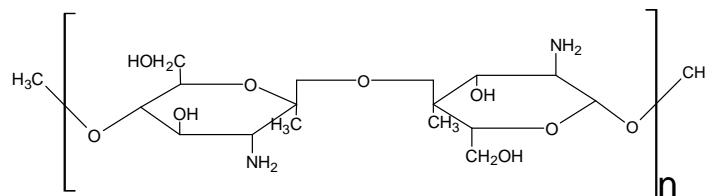
Karakteristik kitosan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Karakteristik kitosan

No	Karakteristik	Ukuran
1.	Bentuk partikel	Serpihan bubuk
2.	Massa air	< 10%
3.	Massa abu	< 2%
4.	Persen deasetilasi	> 70%
5.	Warna larutan	Jernih
6.	Viskositas : Rendah	< 200
	Medium	200-799
	Tinggi	800-2000
	Ekstratinggi	>2000
7.	Berat molekul	<10 <sup>6</sup>

(Robert dalam Meiratna, 2008)

Proses deasetilasi menggunakan kombinasi perlakuan secara kimiawi dan enzimatis seperti penelitian yang dilakukan oleh Emmawati (2004) dan Rochima (2005) merupakan alternatif proses yang baik. Deasetilasi kitin akan menghilangkan gugus asetil dan menyisakan gugus amino yang bermuatan positif, sehingga kitosan bersifat polikationik. Rumus umum kitosan adalah  $(C_6H_{11}NO_4)_n$  atau disebut sebagai (1,4)-2-Amino-2-Deoksi-beta-D-Glukosa. Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2



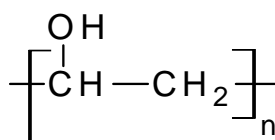
Gambar 2.2 Struktur kimia kitosan

Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat dengan konsentrasi 1–2% (Knorr, 1982 sebagaimana dikutip Apriyanto, 2007). Asam asetat adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, berasa asam, serta larut dalam air, alkohol,

dan gliserol. Rumus empirik asam asetat adalah  $C_2H_4O_2$  dan rumus strukturnya  $CH_3COOH$ . Asam asetat mempunyai berat molekul 60, titik didih  $118^\circ C$ , titik beku  $16,7^\circ C$ , dan dapat digunakan sebagai penambahan rasa (Dillon, 1992 sebagaimana dikutip Astuti, 2008).

## 2.5 Polivinil Alkohol (PVA) sebagai *Plasticizer*

*Plasticizer* suatu bahan dengan bobot molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud meningkatkan elastisitas. *Plasticizer* didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi yang jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa tersebut (Krochta, 1992 sebagaimana dikutip Apriyanto, 2007). Fungsi *plasticizer* secara umum untuk meningkatkan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan zat-zat terlarut juga dapat menurunkan elastisitas dan daya kohesi *film* (Caner *et al.*, 1998 sebagaimana dikutip Astuti, 2008) menghaluskan *film* dan mempertipis hasil *film* yang terbentuk, menghindari *film* dari keretakan, meningkatkan elastisitas *film* (Tudorachi *at all*, 2000). *Plasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah polivinil alkohol. Struktur polivinil alkohol dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Struktur polivinil alkohol

Polivinil alkohol merupakan salah satu turunan plastik disamping polietilen, polipropelin, polivinil khlorida serta jenis polimer lainnya.

*Biofilm* juga dapat dibuat dengan mencampurkan polimer alami dengan polimer sintetik tujuannya adalah agar dapat memperbaiki sifat mekanik yaitu meningkatkan kuat tarik (*tensile strength*) dan elastisitas *biofilm*.

Polimer sintetik pada umumnya mempunyai sifat tidak dapat terdegradasi oleh mikroba, namun ada polimer sintetik yang dapat terdegradasi oleh mikroba adalah polivinil alkohol (PVA). PVA adalah polimer sintetik yang larut dalam air dan tidak beracun dan berapa yang menyebutkan bahwa PVA merupakan *plasticizer*, serta dapat terdegradasi secara alami atau *biodegradable*. Kelebihan dari PVA adalah banyak digunakan karena telah diproduksi massal dan dapat berikatan dengan molekul kitosan (Putri, 2011).

Polivinil alkohol (PVA) terpilih sebagai peningkatkan sifat produk. PVA termasuk jenis polimer *biodegradable* dan larut dalam air yang digunakan dalam pengolahan tekstil, sering untuk nilon dan dalam pembuatan serat sebagai bahan baku untuk produksi serat PVA (Lin & Ku, 2008 sebagaimana dikutip Munthoub dan Rahman, 2011).

Derajat hidrolisis berpengaruh dari kelarutan PVA dalam air. Semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutannya semakin rendah. PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dalam air pada suhu 70°C (Nisa, 2005).

## **2.6 Ketahanan Air (Hidrofobisitas)**

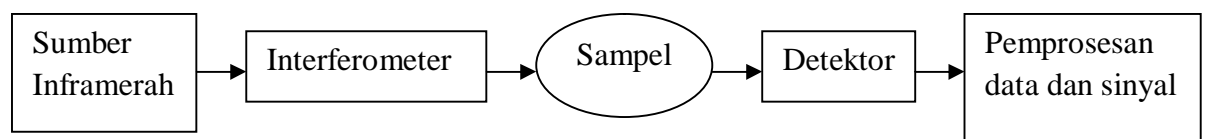
Hidrofobisitas adalah ketahanan air pada *biofilm* yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan *biofilm* terhadap air sehingga dapat

digunakan untuk menentukan produk atau bahan yang sesuai dengan kemasan tersebut (Wafiroh, dkk., 2010). Pengujian ini ditentukan melalui prosentase penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Sifat ketahanan *biofilm* terhadap air ditentukan dengan prosentase pengembangan *film* oleh adanya air (Sanjaya dan Puspita, 2011).

Ketahanan air ini diperlukan untuk mengetahui sifat *biofilm* 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. Ketahanan air dari plastik berbahan polipropilen (PP) adalah sebesar 0,01 atau sebesar 1% (Darni, dkk., 2009).

## 2.7 FT-IR (*Fourier Transform Infrared*)

Karakterisasi gugus ujung dapat dilakukan menggunakan FT-IR. Spektroskopi FT-IR atau *Fourier Transform Infrared* dapat menganalisis gugus ujung suatu senyawa. Dalam penelitian Darni dan Utami (2010) uji FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi bahan kimia yang terkandung dalam suatu polimer. Komponen dasar sebuah FT-IR ditunjukkan secara skematis pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Skema komponen dasar FT-IR

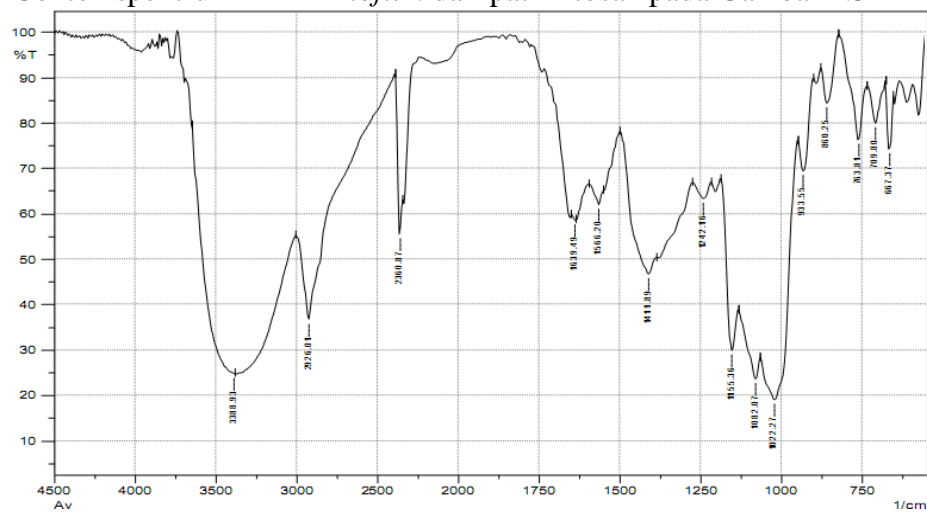
Kegunaan dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan mengenai molekul. Serapan tiap tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-O, C=C, C-C, C=N, dan sebagainya) hanya dapat diperoleh

dalam bagian-bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi inframerah. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan setiap tipe ikatan.

Cahaya infra merah terbagi menjadi 3 yakni, infra merah dekat, infra merah pertengahan, dan infra merah jauh. 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).

Menurut Nisa (2005) pengukuran FT-IR kitosan-PVA dilakukan dengan cara sampel dijepit pada lempeng NaCl lalu diukur pada bilangan gelombang yang sama. Hasilnya di dapat berupa difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas.

Contoh spektrum FTI-R *Biofilm* dari pati-kitosan pada Gambar 2.5



(Darni dan Utami, 2010)



## 2.8 Kuat Tarik

Sifat mekanik yang umum dilakukan adalah uji kekuatan tarik (tensile strength) atau daya renggang dan perpanjangan yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung (Darni dan Utami, 2010). *Biofilm* akan ditentukan dengan uji tarik yang dikaitkan pada alat uji dan beban penarik di pasang pada satuan beban kilo Newton (kN). *Biofilm* ditarik hingga putus. Besar beban penarik dan perubahan panjang *biofilm* pada saat putus dicatat (Wafiroh, dkk., 2010). Pengujian ini digunakan untuk meneliti keadaan cacat tetapi untuk memeriksa kualitas produk yang dihasilkan berdasarkan suatu standar spesifikasi.

Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan *film*. *Plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus. Penambahan *plasticizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan *film* dengan kuat tarik yang lebih rendah (Lai *et al.*, 1997 sebagaimana dikutip Astuti, 2008).

Panjang putus (*elongation at break*) atau proses pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel *film* terputus. Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan suatu *film* semakin lebih besar (Widyaningsih, dkk. 2012).

## 2.9 Biodegradabilitas

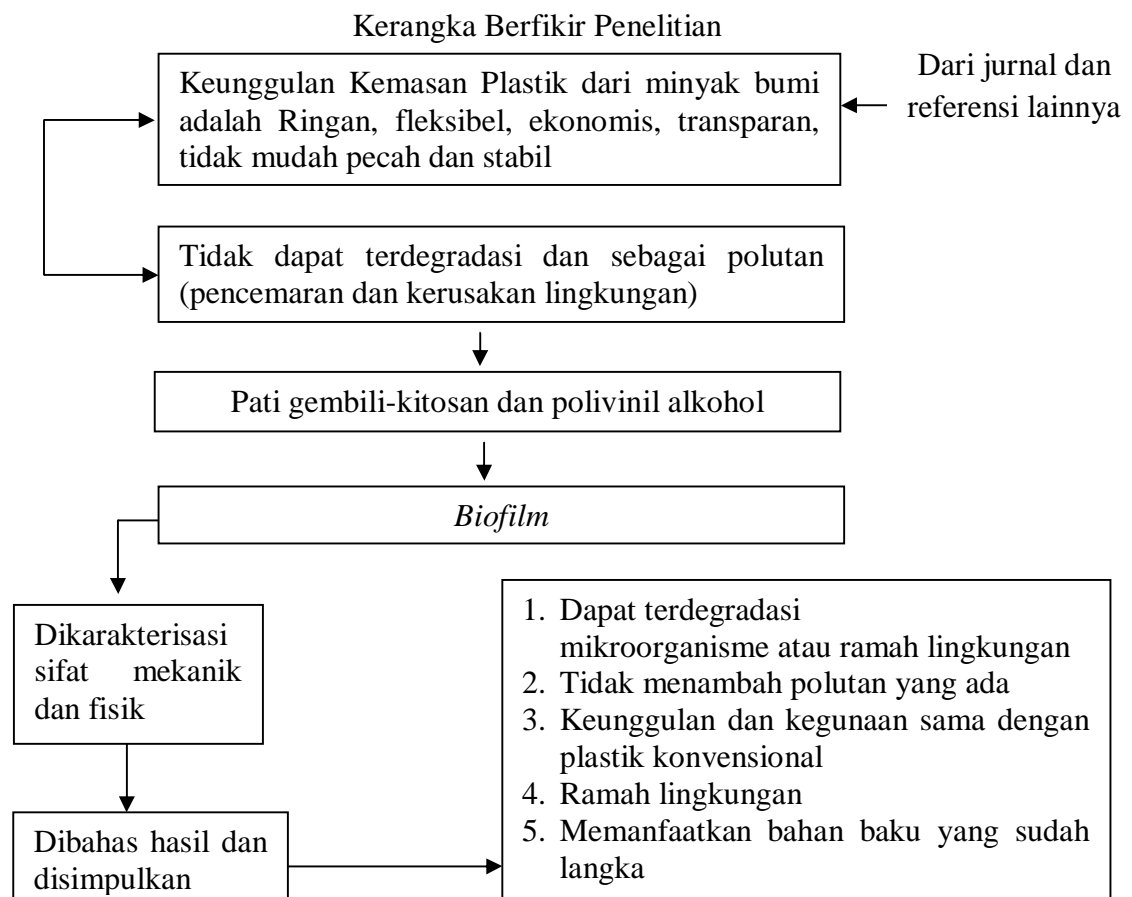
Biodegradabilitas adalah kemampuan berapa lama *biofilm* yang dibuat dapat terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat dikatakan sebagai kemasan yang ramah lingkungan (Wafiroh, dkk., 2010) tetapi menurut (Sarka, dkk., 2011) menyatakan bahwa biodegradasi tidak sepenuhnya berarti bahwa material *biodegradable* 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.

Sifat biodegradabilitas *biofilm* akan diuji dengan menggunakan bakteri EM4 (*effective Microorganism*). EM4 adalah kultur campuran mikro yang terdiri dari bakteri *Lactobacillus*, *Antinomycetes*, *Streptomyces*, ragi jamur dan bakteri fotosentik yang bekerja saling menunjang dalam dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi bahan organik dengan molekul EM4 berlangsung secara fermentasi baik dalam keadaan aerob maupun anaerob. Bakteri-bakteri ini akan mendegradasi *Biofilm* yang mengandung pati dengan cara memutuskan rantai polimer menjadi monomer-monomernya melalui enzim yang dihasilkan dari bakteri tersebut. Proses ini akan menghasilkan senyawa-senyawa organik berupa asam amino, asam laktat, gula, alkohol, vitamin, protein, dan senyawa organik lainnya yang aman terhadap lingkungan (Sanjaya dan Puspita, 2007).

## 2.10 Kerangka Berfikir

Suatu proses pembungkusan makanan bahan pengemas yang sesuai, memiliki kegunaan dan karakteristik yang sesuai untuk mempertahankan dan melindungi makanan. Biasanya yang digunakan adalah plastik (Wahyu, 2009). Penemuan bidang kimia ini menjadikan hidup manusia sehari-hari lebih mudah dengan keunggulannya yaitu kuat, ringan, fleksibel, ekonomis, transparan, tidak mudah pecah dan stabil. Kelebihannya sebagai polutan yang merupakan salah satu jenis sampah padat yang tidak dapat terdegradasi secara alami menjadi masalah lingkungan. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik dari minyak bumi yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan merugikan bagi lingkungan. Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukannya penelitian dan pengembangan teknologi bahan kemasan yang bersifat *biodegradable* (Latief, 2001). *Biofilm* bermanfaat untuk bahan pengemas yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti kadar air, oksigen, lemak dan cahaya (Gandhiasari, 2000 sebagaimana dikutip Putri, 2011). Dalam kondisi dan waktu tertentu *Biofilm* dapat mengalami perubahan struktur kimianya karena terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, alga dan jamur. Hal ini disebabkan adanya serangan kimia oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme sehingga dapat memutuskan rantai polimer. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat *biofilm* adalah senyawa-senyawa yang terdapat pada tanaman seperti pati.

Dalam penelitian pembuatan *biofilm* ini pati digunakan sebagai bahan utama karena merupakan bahan yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan namun *biofilm* yang dihasilkan memiliki kelemahan sifat fisik yang rendah (kekuatan tarik dan elastisitas), sehingga diperlukan adanya bahan tambahan untuk meningkatkan sifat fisik dengan biopolimer seperti kitosan dan polivinil alkohol. Mengatasi sifat kaku dari *biofilm* digunakan polivinil alkohol (PVA) sebagai *plasticizer* agar plastik yang dihasilkan lebih elastis.



Gambar 2.6 Kerangka berfikir

## 2.11 Karakterisasi Plastik

### 2.11.1 Uji Kekuatan dan Persen Pemanjangan

Kuat tarik dan persen pemanjangan merupakan sifat mekanik yang berhubungan dengan struktur kimia *biofilm*. Kekuatan tarik menunjukkan ukuran ketahanan *biofilm* yaitu renggangan maksimal yang dapat diterima sampel, sedangkan persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum yang dialami plastik pada saat uji kuat tarik yaitu pada saat sampel sobek (Apriyanto, 2007). Adapun rumus dari kuat tarik dan persen elongasi sebagai berikut :

Nilai kekuatan tarik dan perpanjangan (%Elongasi) diukur berdasarkan rumus:

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{F}{A}$$

dengan F = gaya kuat tarik (kg) dan A = luas alas sampel (cm<sup>2</sup>)

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{L1 - L0}{L0} \times 100 \%$$

dengan L1 = panjang setelah putus dan L0 = panjang awal.

### 2.11.2 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradasi pada *biofilm* sangat penting untuk mengetahui *biofilm* tersebut dapat terdegradasi di alam. *Biofilm* dari bahan-bahan organik lebih cepat terdegradasi oleh mikroorganisme dibandingkan plastik sintesis. Menurut Sanjaya dan Puspita (2011) uji biodegradasi untuk mengetahui *biofilm* dapat dikatakan sebagai ramah lingkungan.

### 2.11.3 Uji Ketahanan Terhadap Air

Uji ketahanan air terhadap *biofilm* ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *biofilm* untuk menahan air agar tidak menembus *film*. Selain itu untuk mengetahui ada tidaknya pori-pori pada *biofilm*. Persen air yang diserap (*water uptake*) yang dimiliki plastik polipropilen adalah sebesar 0,01 (Darni, dkk., 2009). Uji ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik *Biofilm* dari ketahanan air dibandingkan dengan sifat mekanik plastik sintesis dan diharapkan ketahanan air *biofilm* mendekati sifat plastik sintesis tersebut.

### 2.11.4 Uji Gugus Ujung (Gugus Fungsi)

Karakterisasi gugus ujung dilakukan menggunakan spektrum FT-IR dengan memperhatikan bilangan gelombang dan intensitasnya. Spektrum FT-IR di rekam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang (Darni dan Utami, 2010). Sampel dalam bentuk *film* ditempatkan ke dalam set holder kemudian dicari spektrum yang sesuai. Uji ini akan dilakukan dengan membandingkan masing-masing bahan dasar yaitu pati, kitosan, polivinil alkohol (PVA) dengan *biofilm* pati-kitosan dan polivinil alkohol (PVA).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Populasi dan Sampel**

Populasi penelitian ini adalah pati gembili yang diambil dari Kota Purwodadi di Desa Tegowanu Wetan Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan dan kitosan yang telah dibeli dari IPB (Institut Pertanian Bogor). Sampel dalam penelitian ini merupakan cuplikan dari populasi yang kemudian dibuat menjadi *biofilm* dengan menambahkan *plasticizer* polivinil alkohol (PVA).

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian mengenai pembuatan dan karakterisasi *biofilm* dari pati gembili-kitosan dengan *plasticizer* polivinil alkohol (PVA) dilakukan di Laboratorium Kimia jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Karakterisasi pada *biofilm* dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gadjah Mada yakni analisis gugus fungsi dengan spektrofotometer IR sedangkan uji kuat tarik *biofilm* dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.

### **3.3 Variabel Penelitian**

#### **3.3.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasikan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi pati (1, 2, 3, 4, 5)% (b/v) dan massa PVA (1,2,3) gram pada setiap sampel dari pati-kitosan.

#### **3.3.2 Variabel Terkendali**

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah:

Variabel tetap adalah variabel yang tidak mengalami perubahan pada penelitian. Dalam penelitian ini variabel terkontrol adalah konsentrasi kitosan 2% (b/v) volume pelarut (asam asetat dan aquades), suhu 70-80 °C.

#### **3.3.3 Variabel Terikat**

Variabel terikat adalah variabel yang menjadikan titik pusat penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi kualitas sifat fisik dari *biofilm* antara lain ketahanan air (hidrofobisitas), kekuatan tarik (*tensile strength*), biodegradabilitas dan penentuan gugus ujung dengan FT-IR.

### **3.4 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.4.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate* dan *stirrer*, parut, kain saring, gelas erlenmeyer, gelas ukur, oven, termometer 100 °C (China), cetakan plastik, timbangan digital, penggaris, cetakan, alat



ukur ketebalan, pipet, desikator, gelas arloji, dan pinset, alat uji kuat tarik merk Pearson Panke Equipment LTD, FT-IR merk Shimadzu, desikator, neraca analitik (Ohaus Adventurer  $\pm 0,0001$  gram).

### **3.4.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati gembili, kitosan, polivinil alkohol (PVA), bakteri EM4,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  kadar 96% rapatan  $2,14 \text{ g/cm}^3$  BM 60,05 (buatan *E.Merck*) dan aquades.

## **3.5 Prosedur Penelitian**

### **3.5.1 Pembuatan Pati Gembili**

Pembuatan pati gembili yang dilakukan menurut Richana dan Sunarti (2004) yaitu mencuci gembili sebanyak 2 kg dan mengupasnya, kemudian gembili tersebut diparut dan hasil parutanya ditambahkan air sebanyak 2 liter lalu diekstrak dengan meremas-remas, setelah itu disaring dengan kain saring. Menyimpan hasil saringan selama 2 hari untuk mengendapkan patinya. Endapan pati tersebut diambil kemudian diambil dan ditaruh dalam nampan dan dikeringkan dengan cara dimasukkan dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Setelah itu pati dihaluskan dengan cara ditumbuk dan diperoleh berat sebesar 238 gram pati serbuk berwarna putih.

### **3.5.2 Perlakuan Awal**

#### **3.5.2.1 Pembuatan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 2%**

Memipet sebanyak 20,833 mL larutan asetat 96% dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas.

### 3.5.2.2 Pembuatan larutan Pati

Pembuatan pati konsentrasi 5% dengan cara menimbang sebanyak 2,5 gram pati yang dilarutkan dalam 50 mL aquades didalam beaker glass, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 25 menit dengan cara pemanasan diatas *hot plate* pada suhu 70-80 °C sampai terbentuk larutan homogen. Dilakukan perlakuan yang sama pada konsentrasi pati (1, 2, 3, 4)%.

### 3.5.2.3 Pembuatan larutan kitosan konsentrasi 2%

Sebanyak 1 gram kitosan yang dilarutkan ke dalam asam asetat 2% (v/v) sampai volume 50 mL, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 25 menit dengan cara pemanasan diatas *hot plate* pada suhu 70-80 °C sampai terbentuk larutan homogen dan membentuk larutan kental jernih kekuningan (Nisa, 2005).

### 3.5.2.3 Sterilisasi cetakan *Biofilm* (nampan)

Cetakan *biofilm* sebelum digunakan untuk mencetak *biofilm* menjadi lembaran tipis akan di sterilkan terlebih dahulu dengan alkohol 96% dengan cara menuang alkohol 96% tersebut diatas kapas kemudian diusapkan pada cetakan *biofilm* secara merata.

### 3.5.3 Perlakuan pembuatan *Biofilm*

Langkah-langkah Pembuatan *edible film* atau *biofilm* seperti dilakukan Wafiroh, dkk (2010) dimulai dengan proses pembuatan *dope* yaitu larutan pati dengan konsentrasi (1, 2, 3, 4, 5)% akan diberi kode (larutan 1, 2, 3, 4, 5) dengan masing-masing larutan pati sebanyak 3 buah

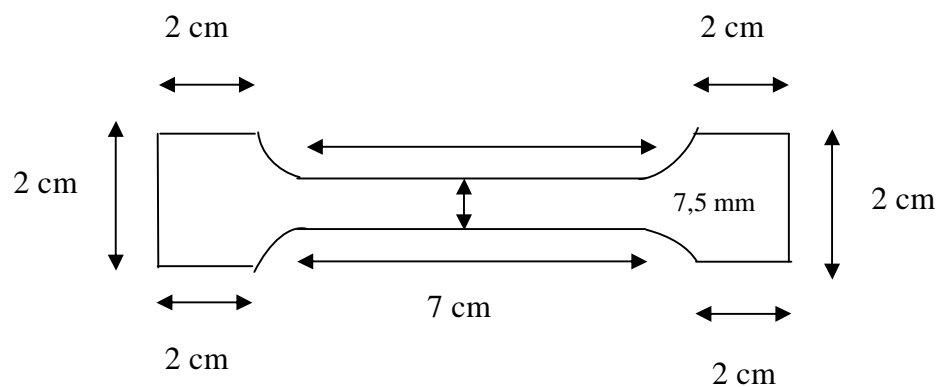
dengan kode (larutan A, B, C). Setiap kode dari larutan pati akan ditambah larutan kitosan 2% dan untuk setiap konsentrasi larutan pati-kitosan akan ditambahkan polivinil alkohol bervariasi 1, 2 dan 3 gram kemudian semua campuran tersebut diaduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan cara dipanaskan diatas *hot plate* pada suhu 70-80 °C sampai homogen. Setelah itu campuran tadi akan di tuang dalam cetakan *biofilm* (nampan) yang sudah di sterilisasi terlebih dahulu, *biofilm* berbentuk lembaran dengan kadar air cukup tinggi dan terdapat gelembung-gelembung udara sehingga *biofilm* harus didiamkan sampai gelembung tersebut hilang selama 24 jam di udara bebas, lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 12 jam. Kemudian *biofilm* tersebut dilepaskan dari cetakannya dengan cara mengangkat lembaran tipis (*biofilm*) dari salah satu sisi kearah horisontal secara pelan-pelan hingga seluruh permukaan *biofilm* terlepas dari cetakannya. Setelah itu *biofilm* tersebut siap untuk diuji karakteristik dan sifat mekaniknya.

### **3.5.4 Karakterisasi Plastik**

#### **3.5.4.1 Uji kuat tarik dan persen pemanjangan**

Dalam penelitian ini, digunakan standar ASTM (*American Standard Testing Method*) D638. Standar ASTM yang diacu. Sampel diuji dengan alat *tensile strength* sesuai dengan ASTM D638 untuk polimer *biofilm* akan diuji kuat tarik dengan ujung-ujung *biofilm* dikaitkan pada alat uji dan beban penarik dipasang pada satuan beban kN (kilo Newton). *Biofilm* ditarik hingga putus, besar beban penarik dan perubahan panjang

pada saat putus dicatat. *Biofilm* yang dihasilkan diukur ketebalannya menggunakan alat ukur ketebalan mikrometer skrup dengan ketelitian 0,01 mm sebelum di uji kuat tarik. Ketebalan sampel plastik berpengaruh terhadap pengujian kuat tarik. Uji ketebalan dilakukan dalam penelitian ini bertujuan menentukan nilai kuat tarik yang dapat dihitung untuk menghasilkan satuan Mpa. Dari hasil uji kuat tarik diperoleh nilai *elongation at break*. Parameter yang diacu dalam uji kuat tarik ini dari Wafiroh, dkk (2010) menyebutkan bahwa parameter plastik komersial kuat tariknya sebesar  $0,3266 \text{ kN/mm}^2$  (32,66 Mpa) dan persen elongasinya sebesar 16,68% diharapkan penelitian *biofilm* ini nilai kuat tarik dan persen pemanjangan sama atau mendekati nilai tersebut. Sampel plastik diukur sesuai dengan ukuran spesimen pada Gambar 3.1 dan alat uji plastik disajikan pada Gambar 3.2



Gambar 3.1 Standar ASTM D638



Gambar 3.2 Alat uji kuat tarik

#### 3.5.4.2 Uji biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas yang akan dilakukan berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Wafiroh, dkk (2010), *biofilm* dipotong dengan ukuran 2 x 6 cm, kemudian ditimbang massanya masukkan dalam kultur bakteri EM4 dan didiamkan selama satu minggu. Kemudian *biofilm* dikeringkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat yang konstan. *Biofilm* yang telah terdegradasi dapat dilihat dari permukaan yang berubah dibandingkan dengan kontrol *biofilm* yang dimasukan dalam aquades tanpa bakteri. *Biofilm* yang telah melalui uji biodegradabilitas selama satu minggu lalu ditimbang massanya hingga diperoleh berat yang konstan. Parameter yang diacu dalam uji kuat tarik ini dari Wafiroh, dkk (2010) menyebutkan bahwa uji ini dibuktikan dengan penurunan massa *biofilm* sebelum dan setelah terdegradasi oleh mikroorganisme.

Berat *biofilm* yang hilang dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\% W = \frac{(W_1 - W_0)}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:  $W_0$  adalah berat sampel sebelum dimasukan sedangkan  $W_1$  adalah berat sampel sesudah dimasukan.

### 3.5.4.3 Uji ketahanan air

Uji ketahanan air *biofilm* yang dilakukan menurut Darni dan Utami (2010), potongan *biofilm* berukuran 1 x 1 cm ditimbang ( $W_o$ ) dimasukkan 10 ml aquades ke dalam gelas beker 50 ml pada temperatur kamar. Setelah 1 menit potongan *biofilm* tersebut diambil dan dihilangkan air yang terdapat pada permukaan *biofilm* lalu ditimbang ( $W$ ). Kemudian direndam kembali sampel ke dalam gelas beker, diangkat tiap 1 menit, hingga diperoleh berat yang konstan. Parameter yang diacu dalam uji ketahanan air dari Wafiroh, dkk (2010) menyebutkan bahwa tahan terhadap airnya sebesar 6,08% diharapkan penelitian *biofilm* ini ketahanan airnya sama atau mendekati nilai tersebut.

Air yang terserap dihitung melalui persamaan :

$$\text{Air yang terserap \%} = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan :  $W_o$  = berat sampel kering dan  $W$  = berat sampel setelah dikondisikan dalam botol air.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan di laboratorium kimia Universitas Negeri Semarang, laboratorium teknik mesin dan laboratorium kimia organik Universitas Gadjah Mada, maka hasil penelitian yang dibahas mengenai data-data hasil penelitian yang meliputi kuat tarik, elongasi, persen ketahanan air, dan persen biodegradabilitas, adapun karakterisasi *biofilm* meliputi uji kuat tarik, uji ketahanan air, uji gugus ujung (gugus fungsi) dan uji biodegradabilitas.

##### 4.1.1 Pembuatan *Biofilm*

*Biofilm* dari pati gembili-kitosan dengan *plasticizer* PVA yang dihasilkan berbentuk lembaran bening kekuningan, transparan dan kaku diakibatkan oleh homogenitas campuran *biofilm* tersebut. Hasil sintesis *biofilm* pati gembili-kitosan dan polivinil alkohol (PVA) disajikan pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 ditunjukkan hasil pengukuran ketebalan *biofilm*.



Gambar 4.1 Hasil sintesis *biofilm* pati gembili-kitosan dan PVA

#### 4.1.2 Data Ketebalan *Biofilm*

Tabel 4.1 Ketebalan *Biofilm* pati gembili-kitosan dan PVA

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	Tebal		Rata-rata
				1	2	
1A	1	2	1	0,05	0,10	0,075
1B	1	2	2	0,06	0,11	0,085
1C	1	2	3	0,13	0,07	0,10
2A	2	2	1	0,08	0,09	0,085
2B	2	2	2	0,11	0,11	0,11
2C	2	2	3	0,08	0,12	0,10
3A	3	2	1	0,12	0,11	0,115
3B	3	2	2	0,12	0,12	0,12
3C	3	2	3	0,09	0,13	0,11
4A	4	2	1	0,11	0,11	0,11
4B	4	2	2	0,11	0,12	0,115
4C	4	2	3	0,13	0,14	0,135
5A	5	2	1	0,11	0,11	0,11
5B	5	2	2	0,11	0,11	0,11
5C	5	2	3	0,12	0,12	0,12

#### 4.1.3 Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (% Elongasi)

Data hasil uji kuat tarik dan persen pemanjangan disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil uji kuat tarik dan persen pemanjangan *biofilm*

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)
1A	1	2	1	17,12	6,8
1B	1	2	2	20,68	11,2
1C	1	2	3	26,87	12,8
2A	2	2	1	20,65	8,4
2B	2	2	2	24,48	15,6
2C	2	2	3	32,31	18,8
3A	3	2	1	21,59	10,8
3B	3	2	2	28,98	18
3C	3	2	3	31,91	17,6
4A	4	2	1	29,94	11,6
4B	4	2	2	27,65	16
4C	4	2	3	34,46	30
5A	5	2	1	28,88	15,2
5B	5	2	2	32,74	20
5C	5	2	3	22,75	15,6



Pada Tabel 4.2 menunjukkan nilai yang dihasilkan dari *biofilm* dengan variasi pati gembili dan polivinil alkohol (PVA) memiliki elastisitas dari 6,8–30% hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya *plasticizer* maka elastisitasnya semakin tinggi.

#### 4.1.4 Hasil uji biodegradabilitas

Hasil analisis biodegradabilitas disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil analisis uji biodegradabilitas

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	% W berat yang hilang
1A	1	2	1	88,64
1B	1	2	2	17,5
1C	1	2	3	58,45
2A	2	2	1	18,21
2B	2	2	2	24,05
2C	2	2	3	63,18
3A	3	2	1	39,69
3B	3	2	2	22,58
3C	3	2	3	11,78
4A	4	2	1	4,77
4B	4	2	2	34,19
4C	4	2	3	18,6
5A	5	2	1	40,88
5B	5	2	2	54,03
5C	5	2	3	51,93

Pada Tabel 4.3 hasil terbaik dari uji biodegradabilitas komposisi 1% pati : 2% kitosan : 1 gram polivinil alkohol (PVA) sebanyak 88,64%, dengan rentang hasil biodegradasi dari 4,77-88,64 % disimpulkan *biofilm* ramah terhadap lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa penyusun *biofilm* terbuat dari bahan organik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan ramah lingkungan.

#### 4.1.5 Hasil uji ketahanan air

Hasil uji ketahanan air disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil uji analisis ketahanan *biofilm* terhadap air

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	% Air yang diserap
1A	1	2	1	13,05
1B	1	2	2	30,23
1C	1	2	3	30,25
2A	2	2	1	17,15
2B	2	2	2	40,62
2C	2	2	3	57,09
3A	3	2	1	17,2
3B	3	2	2	29,56
3C	3	2	3	56,06
4A	4	2	1	20,5
4B	4	2	2	39,77
4C	4	2	3	44,19
5A	5	2	1	26,65
5B	5	2	2	45
5C	5	2	3	46,06

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat ketahanan air pada *biofilm* yang baik ditunjukkan pada komposisi 1% pati : 2% kitosan : 1 gram PVA.

#### 4.1.6 Uji gugus ujung (gugus fungsi)

Hasil analisis gugus FT-IR disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil analisis gugus ujung menggunakan FT-IR

Tipe vibrasi	<i>Biofilm</i> (1% pati : 2% kitosan : 1 gram PVA)	<i>Biofilm</i> (4% pati : 2% kitosan : 3 gram PVA)
NH <sub>2</sub>	3873,06 - 3957,93	3873,06
O-H	3433,29	3448,72
N-H	1566,2	1512,19 - 1573,91
C-H	2900,94 - 2931,80	2854,65 - 2931,80
C-N	1141,86	1111
C-O ester	1257,59	1288,45
C=O karbonil	1743,65	1689,64

Berdasarkan hasil penelitian, sifat mekanik *biofilm* dibandingkan dengan sifat mekanik plastik komersial disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Sifat Mekanik Plastik

No.	Sifat Mekanik	*Plastik komersial	**Plastik <i>Biodegradable</i>
1.	Kuat Tarik (MPa)	32,66	34,46
2.	Elongasi (%)	16,08	30

Sumber: \*SNI, (Wafiroh, dkk., 2010)

\*\*Data Primer, 2013

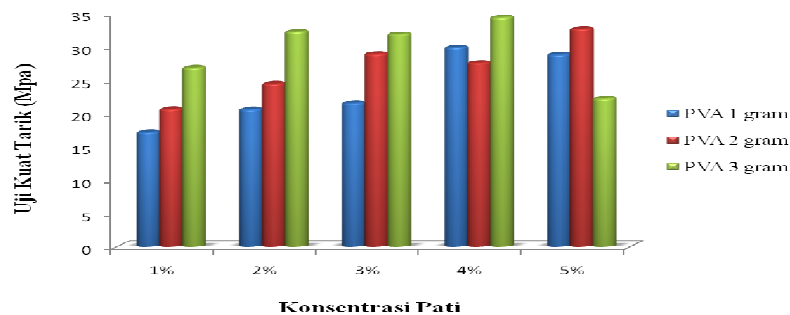
Pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa sifat mekanik dari plastik komersial (swalayan) sebagai pembanding *biofilm dari pati gembili-kitosan* dengan *plasticizer* polivinil alkohol (PVA) berhasil disintesis sifat mekaniknya lebih tinggi dari plastik komersial.

## 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

### 4.2.1 Kuat Tarik dan persen elongasi *Biofilm*

#### 4.2.1.1 Kuat Tarik

Dalam penelitian ini di dapatkan hasil kuat tarik (sifat mekanik) yang tinggi hal ini berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Wafiroh, dkk., 2010) bahwa *biofilm* yang mempunyai sifat mekanik tinggi maka akan ditunjukkan kemampuan dan kekuatan *biofilm* dalam menjaga kualitas produk yang dikemasnya. Uji kuat tarik ini dipengaruhi oleh komponen penyusun *biofilm* meliputi pati, kitosan dan polivinil alkohol (PVA), tingkat homogen pelarutan *biofilm* tersebut dan hubungan kuat tarik dengan konsentrasi pati dan polivinil alkohol (PVA) disajikan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi pati dan massa PVA terhadap kuat tarik

Berdasar analisis penelitian kekuatan tarik *biofilm* dari berbagai variasi komposisi polivinil alkohol (PVA) dan pati berkisar antara 17,12-34,46 Mpa. Bertambahnya massa PVA, konsentrasi pati dan adanya konsentrasi kitosan yang ikut andil dalam meningkatkan nilai kuat tarik. Jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul *plasticizer* akan mempengaruhi sifat mekanis *Biofilm*. Tudorachi *et al* (2000) mengemukakan dalam penelitiannya nilai kuat tarik berbeda-beda antara beberapa batasan yang secara langsung tergantung dari rasio variabel terkendali yang dimodifikasi. Pada penelitian ini nilai kuat tarik terendah sebesar 17,12 Mpa pada komposisi 1% pati : 2% kitosan dan 1 gram PVA hal ini disebabkan ikatan hidrogen antara molekul pati, kitosan dan polivinil alkohol yang lemah sehingga mudah terputus.

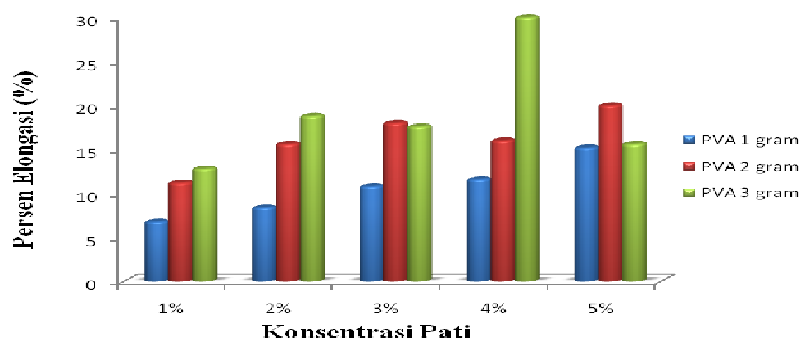
Penelitian yang telah dilakukan oleh Chen *et al* (2007) dalam Riyanto, dkk (2010) menyatakan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi polivinil alkohol (PVA) akan meningkatkan nilai kuat tarik hal ini dipengaruhi oleh ikatan hidrogen antar gugus fungsi  $\text{NH}_2$  dari kitosan dan

OH<sup>-</sup> dari polivinil alkohol (PVA). Dalam penelitian ini nilai kuat tarik tertinggi sebesar 34,46 Mpa pada komposisi 4% pati : 2% kitosan : 3 gram polivinil alkohol (PVA) hal ini dipengaruhi oleh ikatan hidrogen antar molekuler semakin tinggi maka titik didihnya juga semakin tinggi sehingga nilai kuat tarik *biofilm* tinggi karena *biofilm* pada saat putus memerlukan energi besar sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Sanjaya dan Puspita (2011) mengemukakan bahwa semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam *biofilm* maka ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut. Pada komposisi PVA dan kitosan yang sama (3 gram PVA : 2% kitosan) dengan konsentrasi pati bervariasi secara berurutan (5, 4, 3, 2, 1%) nilai kuat tarik sebesar (22,27, 34,46, 31,91, 32,30, 26,876) Mpa, hal ini menunjukkan bahwa pada jumlah polivinil dan kitosan yang sama dengan variasi pati gembili akan menyebabkan nilai kuat tarik yang berbeda-beda dapat dilihat pada penambahan pati konsentrasi 5% nilai kekuatan tarik mengalami penurunan karena adanya ruang kosong yang terjadi karena ikatan antar polisakarida yang menyebabkan ikatan antar molekul dalam *biofilm* tersebut semakin melemah. Penelitian Buzarovska, dkk (2008) menyatakan penurunan hasil kuat tarik disebabkan pula oleh distribusi tidak sempurna dari masing-masing komponen penyusun *biofilm* hal ini dinyatakan dengan *plasticizer* polivinil alkohol mempunyai dua gugus OH yang digunakan untuk berinteraksi dengan molekul pati dan berinteraksi dengan gugus NH<sub>3</sub> dari

kitosan yang akan membentuk ikatan hidrogen yang baru, sebagaimana pada penelitian Tudorachi *et al* (2000) mengemukakan 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. Semakin banyak pati menyebabkan nilai kuat tarik semakin rendah hal ini terkait dengan nilai hasil analisis persen elongasi dari *biofilm* yang sama rendahnya pada penambahan konsentrasi pati 5%.

Menurut penelitian Darni dan Utami (2010) *biofilm* berbahan baku pati memiliki kelemahan sifat mekanik rendah (kekuatan tarik) hal ini menunjukkan bahwa dalam keadaan bercampur pati, kitosan dan polivinil alkohol akan saling berikatan oleh karena itu semakin banyak massa PVA dan pati yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap pembuatan *biofilm*.

#### 4.2.1.2 Persen Pemanjangan



Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi pati dan massa PVA terhadap persen pemanjangan

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa semakin banyak *plasticizer* maka nilai elongasinya semakin tinggi hal ini terkait dengan nilai hasil

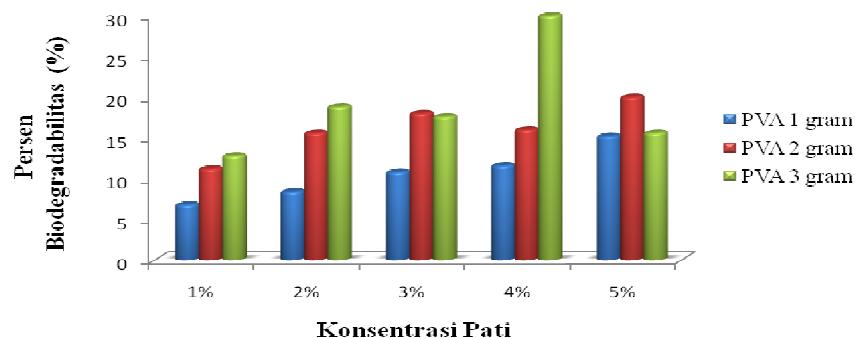
analisis kuat tarik. Penelitian yang telah dilakukan Simanjuntak (2008) polivinil alkohol memiliki sifat fisik elastis, memiliki bentuk *film* yang baik, tidak korosif, lembut dan bersifat kekuatan tarik yang baik. Dari data diatas nilai persen elongasi yang tertinggi sebesar 30% dari komposisi pati 4% : kitosan 2% : PVA 3 gram. Dalam penelitian Apriyanto (2007) menyatakan bahwa PVA mempunyai elastisitas dan kekuatan tarik yang tinggi, hal ini menyebabkan persen pemanjangan semakin tinggi atau elastisitas semakin tinggi.

Suatu polimer yang dihasilkan semakin kuat dan kuat tarik intermolekulnya menjadi tinggi sehingga kemampuan merenggang dari *film* juga meningkat. Kekuatan tarik dan persen elongasi semakin tinggi dengan bertambahnya massa PVA dan konsentrasi pati. peningkatan kekuatan tarik disebabkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul  $\text{NH}_3^+$  pada struktur kitosan dan  $\text{OH}^-$  pada PVA. Gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) akan diprotonasi menjadi  $\text{NH}_3$  dalam larutan asam asetat dan gugus  $\text{OH}^-$  pada polivinil alkohol akan berikatan dengan  $\text{NH}_3$  membentuk ikatan hidrogen. Semakin tinggi konsentrasi polivinil alkohol yang ditambahkan menyebabkan larutan menjadi sangat kental dan rantai menjadi panjang, hal ini terkait dalam penelitian (Abu-Aid *et al* sebagaimana dikutip Riyanto, 2010) semakin panjang rantai polimer pada sampel menyebabkan pelepasan rantai monomer yang tidak mudah sehingga mempunyai elastisitas yang tinggi.

Penambahan *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan (meningkatkan nilai kuat tarik) dan meningkatkan elastisitas *film* karena ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik menarik intermolekul rantai polimer menjadi bertambah.

#### 4.2.2 Uji Biodegradabilitas

Penelitian uji biodegradabilitas ini bakteri-bakteri yang terkandung dalam bakteri EM4 akan mendegradasi *biofilm* yang mengandung pati dengan cara memutuskan rantai polimer menjadi monomer-monomernya melalui enzim yang dihasilkan dari bakteri. Hasil analisis uji biodegradabilitas bisa dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengaruh konsentrasi pati dan massa PVA terhadap biodegradabilitas

Pada Gambar 4.4 menunjukkan nilai persen biodegradabilitas berat *biofilm* yang hilang setelah terdegradasi dengan nilai hasil persen tertinggi itu yang dikatakan hasil biodegradabilitas terbaik dari *biofilm*. Hasil analisis biodegradabilitas ini seharusnya stasioner karena semakin bertambahnya polivinil alkohol (PVA) dan pati maka *biofilm* pada uji biodegradabilitas ini seharusnya memiliki hasil analisa yang tinggi yaitu

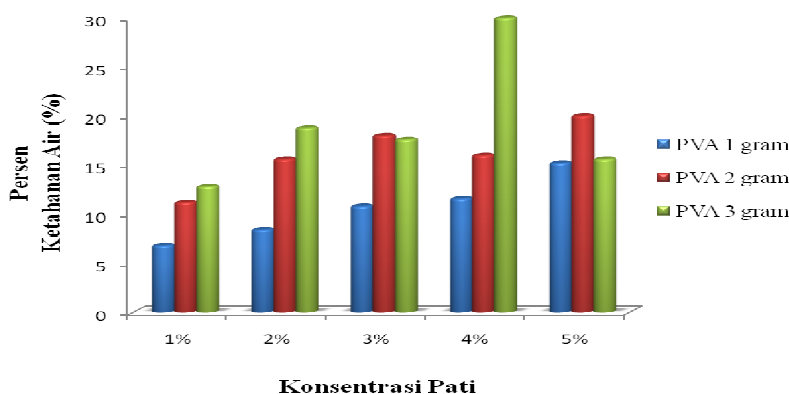


semakin terdegradasi oleh mikroorganisme (nilai hasil persen biodegradabilitas berat yang hilang dari *biofilm* yang tertinggi) karena pati dan polivinil alkohol (PVA) bersifat hidrofilik sehingga mudah terdegradasi oleh mikroorganisme dan Gambar 4.4 menjadi stasioner, akan tetapi pada penelitian ini menunjukkan ketidak stasioneran pada Gambar 4.4 hal ini disebabkan karena pengaruh faktor eksternal aktivitas mikroorganisme (suhu dan udara), homogenitas, kelembaban, ketebalan, sifat hidrofil bahan penyusun dan proses produksi *biofilm* serta struktur polimer dan berat molekul (Firdaus dan Anwar, 2004) dan hasil analisis biodegradabilitas *biofilm* kehilangan berat berkisar antara 11,78-88,64%. Analisis biodegradasi selain dilakukan melalui pengamatan visual dengan adanya perubahan warna dan penampakan pada cairan EM4 yang semakin keruh dan menghitam. Dibuktikan dengan penurunan massa *biofilm* setelah terdegradasi oleh bakteri EM4. Hasil biodegradasi terbaik pada variasi komposisi 1% pati: 2% kitosan : 1 gram PVA dengan nilai kehilangan berat sebesar 88,64% dari hasil tersebut menunjukkan bahwa *biofilm* yang terbuat dari pati gembili-kitosan dan polivinil alkohol tidak membahayakan kesehatan dan ramah terhadap lingkungan apabila digunakan sebagai bahan pengemas.

#### **4.2.2 Uji Ketahanan Terhadap Air**

Uji ketahanan air ini dilakukan dengan cara menghitung massa *biofilm* yang sebelum dan sesudah direndam aquades secara berulang sampai massa *biofilm* tersebut konstan, dengan uji ini dapat diketahui

jumlah molekul air yang diserap oleh *biofilm*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi pati dan massa PVA terhadap ketahanan air (hidrofobisitas)

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa tingkat ketahanan air pada *biofilm* dikatakan terbaik apabila nilai persen ketahanan air yang rendah. Semakin bertambahnya polivinil alkohol (PVA) dan pati nilai ketahanan air jelek dengan nilai persen ketahanan air tinggi hal ini disebabkan kedua polimer tersebut bersifat hidrofilik karena sama-sama larut dalam air hal ini dipengaruhi juga dari komposisi variasi terkendali kitosan yang memiliki sifat hidrofilik lemah sehingga *biofilm* suka air. Dalam penelitian Simanjuntak (2008) menyatakan polivinil alkohol memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengembang di dalam air. Menurut Giovanni (2013) menyatakan kitosan memiliki gugus hidroksil (OH) yang bermuatan negatif dan gugus amin (NH<sub>2</sub>) yang bermuatan positif sehingga kitosan mampu berikatan ionik dengan kuat. Keberadaan gugus hidroksil pada kitosan menyebabkan kitosan bersifat hidrofilik

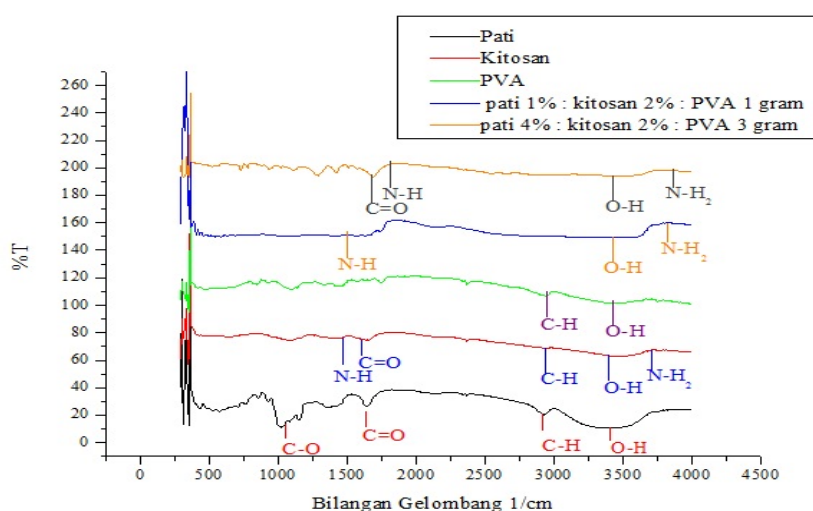
lemah dan mempunyai andil untuk meningkatkan prosentase ketahanan air dari *biofilm*.

Analisis hasil penelitian kenaikan ketahanan air berkisar antara 13,05-57,09% adapun hasil terbaik dengan nilai persen ketahanan air rendah yaitu sebesar 13,05% dari komposisi pati 1% : kitosan 2%: PVA 1 gram. Pada komposisi variasi massa pati (1, 2, 3, 4, 5)% dengan konsentrasi kitosan dan massa polivinil alkohol (PVA) yang terkendali (2% dan 1 gram) hasil ketahanan air secara berurutan sebesar (13,05, 17,15, 17,20, 20,50, 26,65)% sedangkan pada komposisi variasi polivinil alkohol (PVA) 1 gram, 2 gram, 3 gram dengan konsentrasi pati dan kitosan terkendali (2% dan 1%) maka hasil ketahanan air secara berurutan sebesar (13,05, 30,23, 30,25)% dari hasil tersebut mewakili hasil variasi komposisi dari *biofilm* dengan prosentase ketahanan air meningkat relatif kecil hal ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi pati dan massa PVA relatif kecil sehingga *biofilm* memiliki nilai rentang prosentase ketahanan air yang tidak jauh berbeda.

#### **4.2.4 Gugus ujung (gugus fungsi) dengan FT-IR**

*Biofilm* yang sudah dihasilkan dengan (penambahan PVA 3 gram dan pati 4%) akan dibandingkan dengan (penambahan PVA 1 gram dan pati 1%) dengan cara dilakukan pengujian gugus fungsi dari *biofilm* dengan menggunakan spektroskopi FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui adanya gugus baru atau masih sama dengan penyusun *biofilm*.

Pebandingan antara pati, kitosan dan PVA terhadap *biofilm* dan nilai kuat tarik yang terendah dan tertinggi dari *biofilm* disajikan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Pati, kitosan, PVA yang dibandingkan dengan *biofilm*, perbandingan *biofilm* yang terendah dengan tertinggi

Hasil analisis FT-IR dari pati gembili menunjukkan adanya spektrum O-H karboksil pada panjang gelombang  $3394,72 \text{ cm}^{-1}$ , C-H pada panjang gelombang  $2931,80 \text{ cm}^{-1}$ , C-O ester pada panjang gelombang  $1018,41 \text{ cm}^{-1}$ , C=O karbonil pada panjang gelombang dari rentang  $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ . Hal ini terkait dengan penelitian yang telah dilakukan Darni dkk (2009) adanya gugus O-H karboksil, C-O ester menyebabkan pati dapat terdegradasi di alam. Spektrum kitosan menunjukkan adanya gugus amida primer (N-H) pada panjang gelombang  $1427,32 \text{ cm}^{-1}$ , C=O karbonil pada panjang gelombang dari rentang  $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ , OH pada panjang gelombang  $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ , C-H pada panjang gelombang  $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ , NH<sub>2</sub> sekunder pada panjang gelombang  $3749,62 \text{ cm}^{-1}$  hasil uji FT-IR kitosan ini sama dengan penelitian Nisa (2005) spektrum FT-IR kitosan

terdapat gugus amida (N-H) primer dan sekunder dengan vibrasi tekuk pada struktur kitosan ditunjukkan pada panjang gelombang  $1596,1\text{ cm}^{-1}$  dan diperkuat dengan puncak  $3459,5\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur amida. Pada spektrum polivinil alkohol (PVA) terdapat O-H karboksil pada panjang gelombang  $3425,58\text{ cm}^{-1}$ , C-H pada panjang gelombang  $2939,52\text{ cm}^{-1}$ . Pada spektrum *biofilm* ini spektrum sama dengan komponen penyusunnya artinya penyusun pada *biofilm* sudah homogen dan saling berikatan.

*Biofilm* dengan nilai kuat tarik terendah diperoleh bilangan gelombang dari vibrasi tekuk dari gugus O-H pada panjang gelombang  $3433,29\text{ cm}^{-1}$ , vibrasi gugus amina sekunder ( $\text{NH}_2$ ) pada bilangan gelombang  $3873,06\text{ cm}^{-1}$ , spektrum amina primer (N-H) terdapat pada panjang gelombang  $1566,20\text{ cm}^{-1}$ , C-N terdapat pada panjang gelombang  $1141,86\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada hasil uji kuat tarik tertinggi dapat dilihat terdapat spektrum O-H pada panjang gelombang  $3448,72\text{ cm}^{-1}$ , terdapat amina sekunder ( $\text{NH}_2$ ) pada panjang gelombang  $3873,06\text{ cm}^{-1}$ , terdapat C-H alifatik pada panjang gelombang  $2931,80\text{ cm}^{-1}$ , terlihat vibrasi amida primer (N-H) dengan panjang gelombang  $1967,39\text{ cm}^{-1}$ , vibrasi tekuk spektrum C=O dan C-N amina alifatik mulur dari panjang gelombang  $1689,64\text{ cm}^{-1}$  sampai  $1419,61\text{ cm}^{-1}$  dari perbandingan spektrum *biofilm* panjang gelombang yang terlihat jelas pada spektrum *biofilm* dengan kuat tarik tertinggi vibrasi tekuk gelombang lebih terlihat jelas, sedangkan *biofilm* dengan kuat tarik jelek hanya terlihat vibrasi yang tidak terlihat

jelas hal ini sama dengan penelitian Nisa (2005) bahwa FT-IR dari membran kitosan-PVA terdapat gugus C-H dari asam ditunjukkan dengan puncak bilangan gelombang  $1332,0 \text{ cm}^{-1}$ .

Dinata (2012) juga menyimpulkan dalam penelitiannya bahwa pita serapan pada  $1419 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi amina alifatik, pita serapan pada  $1381,03 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi tekuk O-H dan vibrasi ulur C-N, pita serapan  $1072,42 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur C-O. Pada *biofilm* terlihat spektrum yang bergabung antara pati-kitosan dan PVA ini menyebabkan *biofilm* memiliki sifat hidrofilik (suka air) seperti sifat penyusunnya. Menurut penelitian Darni dan Utami (2010) yang terkait pada penelitian ini dengan keberadaan gugus C=O karbonil dan C-O ester sehingga *biofilm* ini dapat terdegradasi dan ramah terhadap lingkungan.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil kuat tarik tertinggi dari penambahan variasi komposisi konsentrasi 4% pati, 2% kitosan dan 3 gram massa polivinil alkohol (PVA) dengan nilai kuat tarik sebesar 34,46 Mpa dan nilai elongasi sebesar 30%.
2. Hasil analisis penelitian ketahanan air berkisar antara (13,05-57,09)% dengan hasil optimal 13,05% sedangkan hasil analisis penelitian biodegradabilitas *biofilm* terbaik sebesar 88,64% dari penambahan 1 gram PVA. Uji gugus ujung FT-IR pada *biofilm* salah satu gugus dari penyusunnya dengan adanya gugus C=O karbonil dan C-O ester sehingga *biofilm* dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan dikatakan ramah terhadap lingkungan.
3. Hasil biodegradasi *biofilm* terbaik sebesar 88,64% pada penambahan 1 gram polivinil alkohol (PVA) dan 1% pati.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang *biofilm*, agar didapatkan hasil sintesis plastik yang lebih tahan terhadap air dengan analisis biodegradabilitas nilai persen kehilangan berat yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, J. 2007. *Karakteristik Biofilm dari Bahan Dasar Polivinil Alkohol (PVOH) dan Kitosan*. Skripsi. Bogor. IPB
- Aryanti, N. 2013. Biopolimer sebagai Plastik Ramah Lingkungan. Semarang. Universitas Diponegoro. *Buletin Teknologi Terapan Populer* 1(1)
- Astuti, B. C. 2008. *Pengembangan Edible Film Kitosan dengan Penambahan Asam lemak dan Essensial oil:Upaya Perbaikan Sifat Barrier dan Aktivitas Antimikroba*. Bogor. Institut Pertanian Bogor
- 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., Ismiyati, S., dan Cici. 2008. *Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol*. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. Universitas Lampung. 17-18
- Darni, Y dan Herti. U. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(4): 88-93
- 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
- Dinata, M. 2012. *Sintesis Kitosan Bead Terikat Silang Asam Sulfat untuk Menurunkan Kadar Zat Warna Yellow IRK*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Emmawati, A. 2004. *Produksi Kirosan dengan Perlakuan Kimiawi dan Enzimatis Menggunakan NaOH dan Kitin Deasetilase*. Tesis. Bogor. IPB
- Firdaus, F. dan C. Anwar. 2004. Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik *Biodegradable*. *Jurnal Logika* 1(2): 38-44.
- Firdaus, F., S. Mulyaningsih dan H. Anshory. 2008. Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan Dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemplastik Gliserol. *Jurnal Logika* 5(1): 15-22



- Giovani, A., Yusuf. H., dan Nur. R. 2013. Pengaruh Konsentrasi Serta Penambahan Gliserol Terhadap Karakteristik Film Alginat dan Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(3). 51-56
- Hartati, S., dan T.K. Prana. 2003. Analisis Kadar Pati dan Serat Kasar Tepung Beberapa Kultivar Talas (*Colocasia Esculenta L. Schott*). *Jurnal Natur Indonesia* 6 (1): 29-23
- Huda, T., dan Feris. F. 2007. Karakteristik Fisiokimia Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. Universitas Islam Indonesia
- Kumar, A. Ashwin, K. K. dan K.P. Arumugam. 2011. Biodegradable Polymers and Its Applications. *International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*, 1(3): 173-176
- Latief, R. (2001). *Teknologi Kemasan Kemasan Biodegradable, Makalah Falsafah Sains (PPs 702)*. Program Pascasarjana/S3. IPB. Bandung. [http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/rindam\\_latief.htm](http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/rindam_latief.htm) (diakses 16 april 2013)
- Meiratna. 2008. *Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr ) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelaisan Logam*. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara
- Mujiarto, I. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Jurnal Traksi*, 3(2)
- Munthoub, D.I 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
- Muzzarelli R A A. 1997. *Chittin, Faculty of Medicine*. Universitas Of Ancona. Pergamon. Press
- Nisa, K. 2005. *Karakteristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Poli Vinil Alkohol dengan Variasi Polietilena Glikol Sebagai Porogen*. Skripsi Kimia. IPB
- Nurminah, M. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasanplastik dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan Yang Dikemas*. Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. USU
- Pudjihastuti, I. 2010. *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Photokimia UV untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Pati Tapioka*. Tesis. Semarang. Universitas Diponegoro

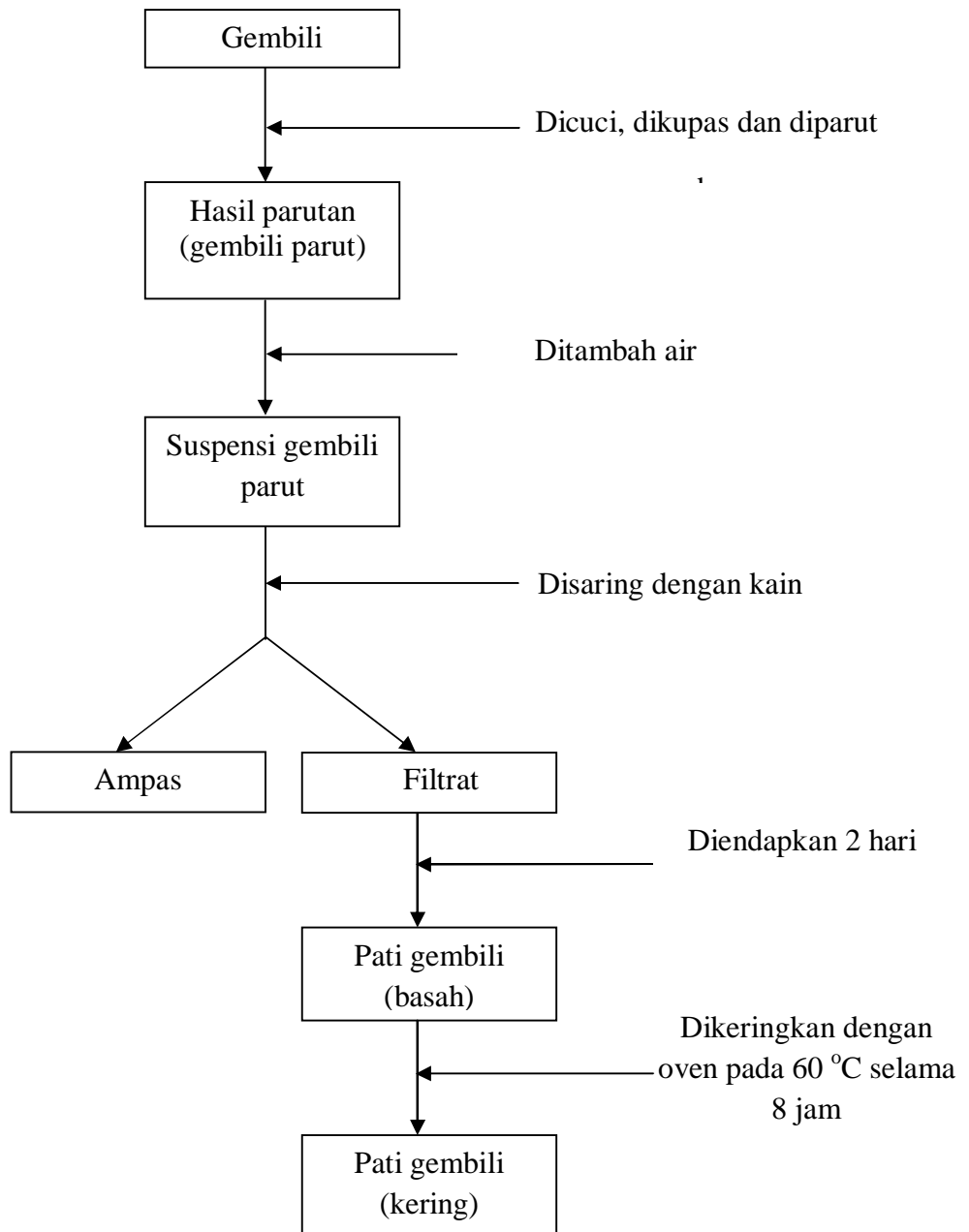
- Putri, E. T. 2011. *Pemanfaatan Ampas Rumput Laut, Kitosan dan Polivinil Alkohol (PVA) dalam Pembuatan Plastik Biodegradable*. Tesis. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada
- Richana, N dan T. C. Sunarti. 2004. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati Dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen* 1(1): 29-37
- Riyanto, B., Ruddy. S., dan Ikhwan D. P. 2010. Karakteristik Composite Biofiber Textile Berbahan Dasar Kitosan dan Polivinil Alkohol (PVA) Melalui Proses Pemintalan Basah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 8(1)
- Rochima, E. 2005. *Aplikasi Kitin Deasetilasi Termotabil dari Bacillus Papandayan K 29-14 Asal Kawah Kamojang Jawa Barat Pada Pembuatan Kitosan*. Tesis. Bogor. IPB
- Rochmadi, M., W. Firman dan T. Setiadi. 2006. *Uji Biodegradabilitas Produk PHA (Polihidroksialkanoat) dari Air Limbah Tapioka*. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Palembang
- Sanjaya, M. H, I Gede Dan Tyas P. 2011. *Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong*. Surabaya. ITS
- Sarka, E., Zdenek. K., Jiri. Kotek., Lubomir. R., Anna. K., Zdenek. B dan Michaela. R. 2011. Application of Wheat B-Starch in Biodegradable Plastic Materials. *Czech. Journal of Food Science*, 29(3):232-242
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: Liberty
- Simanjuntak, M. J. 2008. *Studi Film Polivinil Alkohol (PVA) Di Modifikasi dengan Acrylamide (Aam) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban*. Tesis. Depok . Universitas Indonesia.
- Siswono. 2008. *Jaringan Informasi Pangan dan Gizi, Volume XIV*. Ditjen Bina Gizi Masyarakat. Jakarta
- Steven, M.P. 2007. *Kimia Polimer*. (Penerjemah, Iis sopyan). P.T Pradya Paramita. Jakarta
- Tudorachi, N., C.N. Cascaval, M. Rusu dan M. Pruteanu. 2000. Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as Biodegradable Polymeric Materials. *Polimer Testing*, 19: (785-799).

- Verawati, Y. 2007. *Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Dosis Ragi Terhadap Kadar Alkohol Pada Fermentasi Ampas Umbi Gembili (Dioscorea Esculenta)*. Skripsi. Surakarta:UMS
- Wafiroh, S., Tokok. A., dan Elok. T. A. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Komposit Kitosan-Pati Garut (Maranta Arun Dinaceae L) dengan Pemplatis Asam Laurat*. Surabaya. Universitas Airlangga
- Wahyu, M. K. 2009. *Pemanfaatan Pati Singkong Sebagai Bahan Baku Edible Film*. *Karya Tulis Ilmiah*. Bandung. Universitas Padjadjaran
- Widyaningsih, S., Dwi. K., dan Yuni. T. N. 2012. *Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradable Film dari Pati Kulit Pisang*. *Jurnal Molekul* 7(1). 69-81
- Winarno, F.G. 2002. *Laporan Hasil Uji (Report of Analysis)*. M-BRIO Food Laboratory. Bogor

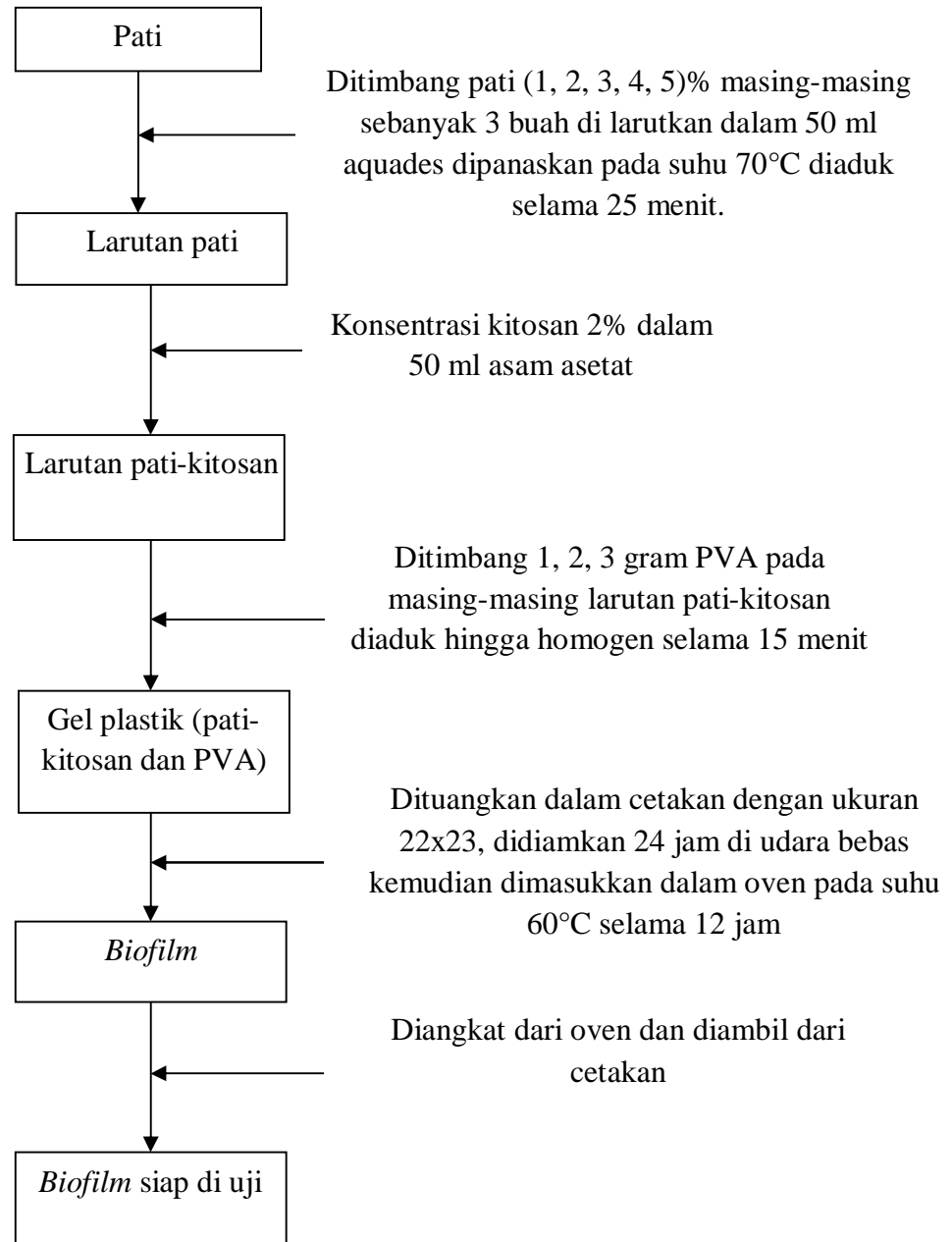
## LAMPIRAN 1

### DIAGRAM ALIR PENELITIAN

#### 1. Pembuatan Pati Gembili

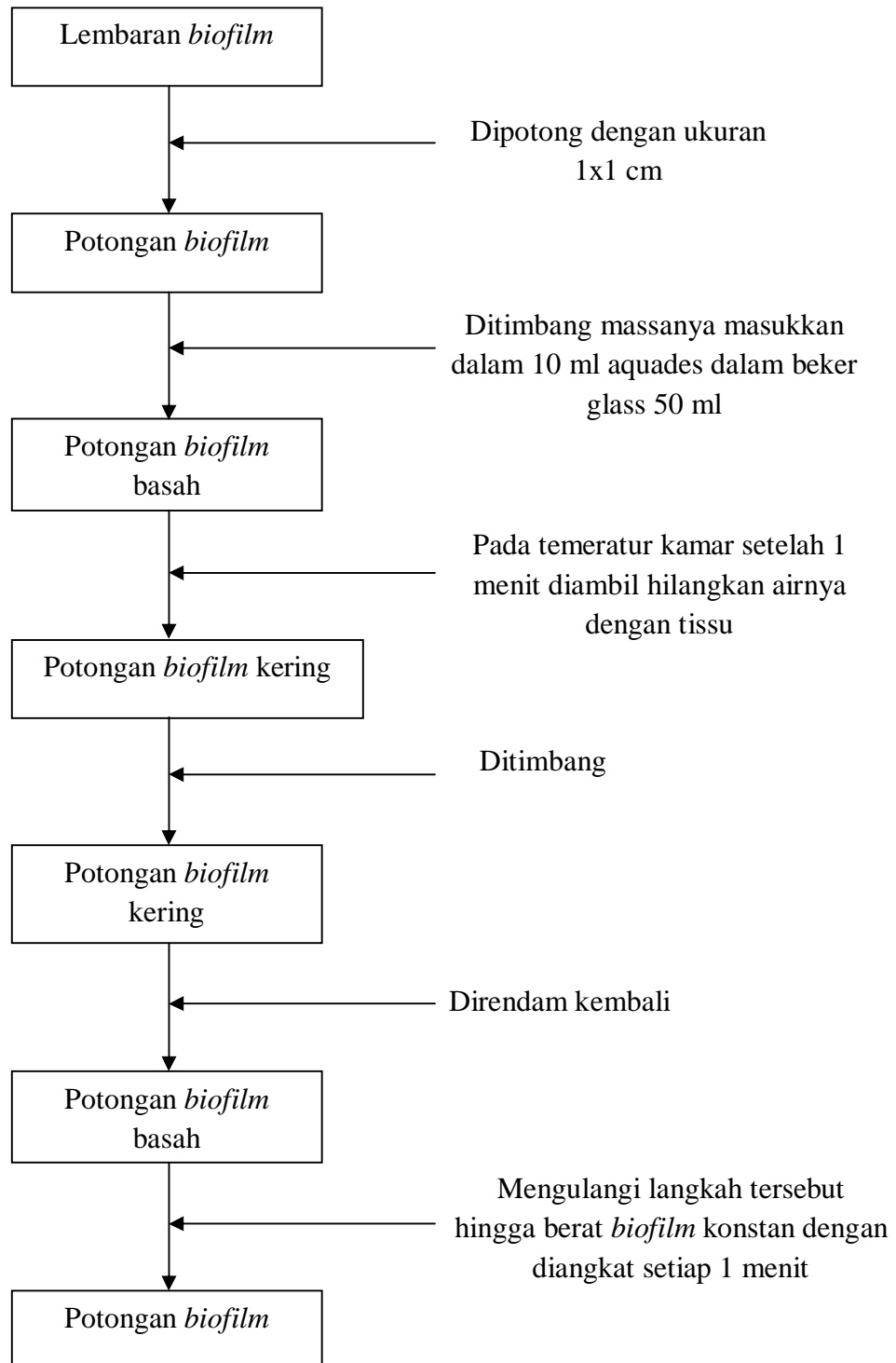


## 2. Pembuatan *Biofilm* atau Plastik *Biodegradable*

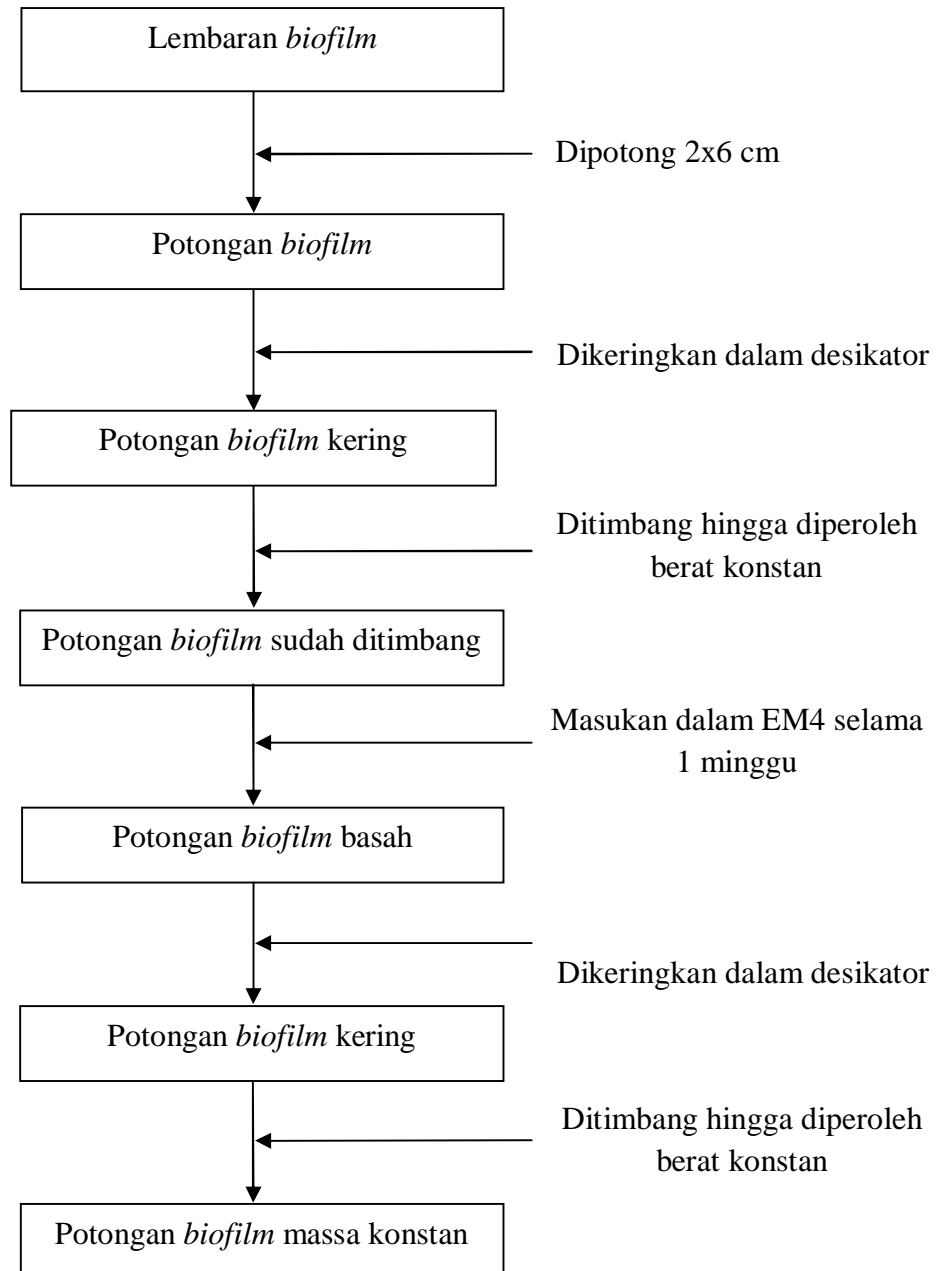


### 3. Karakterisasi *Biofilm* atau Plastik *Biodegradable*

#### 3.1 Uji ketahanan air



### 3.2 Uji Biodegradabilitas



## Lampiran 2

### Perhitungan

#### 1. Uji kuat tarik *Biofilm* dengan variasi pati dan polivinil alkohol (PVA)

##### 1.1 Data ketebalan *Biofilm*

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	Panjang	Tebal (lebar)	
					1	2
1A	1	2	1	7,5	0,5	0,1
1B			2		0,06	0,11
1C			3		0,13	0,07
2A	2		1		0,08	0,09
2B			2		0,11	0,11
2C			3		0,08	0,12
3A	3		1		0,12	0,11
3B			2		0,12	0,12
3C			3		0,09	0,13
4A	4		1		0,11	0,11
4B			2		0,11	0,12
4C			3		0,13	0,14
5A	5		1		0,11	0,11
5B			2		0,11	0,11
5C			3		0,12	0,12



## 1.2 Data uji kuat tarik

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	Pengukuran Kuat Tarik			
				1		2	
				N	kg	N	Kg
1A	1	2	1	9,05	0,9	9,89	0,82
1B			2	17,58	1,2	18,13	1,28
1C			3	18,7	1,78	19,99	1,92
2A	2		1	15,9	1,46	15,4	1,2
2B			2	21,3	1,98	22,9	2,14
2C			3	29	2,76	30,3	2,92
3A	3		1	19,6	2	20,1	1,8
3B			2	25,6	2,91	26,7	2,41
3C			3	26,2	2,51	26,4	2,72
4A	4		1	24,1	2,46	25,3	2,58
4B			2	24,7	2,82	23,1	2
4C			3	34,8	3,14	35,2	4
5A	5		1	24,4	1,98	24,3	2,88
5B			2	28,2	3,07	27,3	2,44
5C			3	19,4	2,31	20,7	1,78

## 1.3 Perhitungan kuat tarik plastik

Persamaan :  $kuat\ tarik = \frac{F_{maks}}{A_0}$

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \text{ Kg/cm}^2$$

catatan :  $\sigma \text{ (MPa)} \times 10,2 = \sigma \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

Luas (cm<sup>2</sup>) = Panjang x lebar (tebal) plastik

Panjang plastik = 7,5 mm

1.A Variasi 1% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$1A_1 = 7,5 \times 0,05 = 3,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$1A_2 = 7,5 \times 0,10 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 1A_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{0,9}{3,75 \times 10^{-3}} = 240$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{240}{10,2} = 23,53 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 1A_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{0,82}{7,5 \times 10^{-3}} = 109,33$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{109,33}{10,2} = 10,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{1A_1 + 1A_2}{2} = \frac{23,53 + 10,7}{2} = \frac{34,23}{2} = 17,12 \text{ MPa}$$

1.B Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$1B_1 = 7,5 \times 0,06 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$1B_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 1B_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,2}{4,5 \times 10^{-3}} = 266,67$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{266,67}{10,2} = 26,14 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 1B_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,28}{8,25 \times 10^{-3}} = 155,15$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{155,15}{10,2} = 15,21 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{1B_1+1B_2}{2} = \frac{26,14+15,21}{2} = \frac{41,29}{2} = 20,68 \text{ MPa}$$

1.C Variasi 1% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$1C_1 = 7,5 \times 0,013 = 9,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$1C_2 = 7,5 \times 0,07 = 5,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 1C_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,78}{9,75 \times 10^{-3}} = 182,56$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{182,56}{10,2} = 17,898 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 1C_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,92}{5,25 \times 10^{-3}} = 365,71$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{365,71}{10,2} = 35,85 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{1C1+1C2}{2} = \frac{17,898+35,85}{2} = \frac{53,748}{2} = 26,87 \text{ MPa}$$

2.A Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$2A_1 = 7,5 \times 0,08 = 6,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$2A_2 = 7,5 \times 0,09 = 6,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 2A_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,46}{6,00 \times 10^{-3}} = 243,3$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{243,3}{10,2} = 23,86 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 2A_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{12}{6,75 \times 10^{-3}} = 177,78$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{177,78}{10,2} = 17,43 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{2A1+1A2}{2} = \frac{23,86+17,43}{2} = \frac{41,29}{2} = 20,65 \text{ MPa}$$

2.B Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$2B_1 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$2B_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 2B_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,98}{8,25 \times 10^{-3}} = 240$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{240}{10,2} = 23,53 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 2B_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,14}{8,25 \times 10^{-3}} = 259,39$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{259,39}{10,2} = 25,43 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{2B_1 + 2B_2}{2} = \frac{23,53 + 25,43}{2} = \frac{48,96}{2} = 24,48 \text{ MPa}$$

2.C Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$2C_1 = 7,5 \times 0,011 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$2C_2 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 2C_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,76}{8,25 \times 10^{-3}} = 334,55$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{334,55}{10,2} = 32,79 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 2C_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,92}{9,00 \times 10^{-3}} = 324,44$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{324,44}{10,2} = 31,81 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{2C_1 + 2C_2}{2} = \frac{32,79 + 31,81}{2} = \frac{64,60}{2} = 32,31 \text{ MPa}$$

3.A Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$3A_1 = 7,5 \times 0,012 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$3A_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 3A_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,00}{9,00 \times 10^{-3}} = 222,22$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{222,22}{10,2} = 21,79 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 3A_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,8}{8,25 \times 10^{-3}} = 218,18$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{218,18}{10,2} = 21,39 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{3A1+3A2}{2} = \frac{21,79+21,39}{2} = \frac{43,18}{2} = 21,59 \text{ MPa}$$

3.B Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$3B_1 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$3B_2 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 3B_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,91}{9,00 \times 10^{-3}} = 323,33$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{323,33}{10,2} = 31,699 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 3B_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,41}{9,00 \times 10^{-3}} = 267,78$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{267,78}{10,2} = 26,25 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{3B1+3B2}{2} = \frac{31,699+26,25}{2} = \frac{57,95}{2} = 28,98 \text{ MPa}$$

3.C Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$3C_1 = 7,5 \times 0,09 = 6,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$3C_2 = 7,5 \times 0,13 = 9,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 3C_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,51}{6,75 \times 10^{-3}} = 371,85$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{371,85}{10,2} = 36,46 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 3C_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,72}{9,75 \times 10^{-3}} = 278,97$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{278,97}{10,2} = 27,35 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{3C_1 + 3C_2}{2} = \frac{36,46 + 27,35}{2} = \frac{63,81}{2} = 31,91 \text{ MPa}$$

4.A Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$4A_1 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$4A_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 4A_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,46}{8,25 \times 10^{-3}} = 298,18$$



$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{298,18}{10,2} = 29,23 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 4A_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,58}{8,25 \times 10^{-3}} = 312,73$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{312,73}{10,2} = 30,66 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{4A_1 + 4A_2}{2} = \frac{29,23 + 30,66}{2} = \frac{59,89}{2} = 29,94 \text{ MPa}$$

4.B Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$4B_1 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$4B_2 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 4B_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,82}{8,25 \times 10^{-3}} = 341,82$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{341,82}{10,2} = 33,51 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 4B_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2}{9,00 \times 10^{-3}} = 222,22$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{222,22}{10,2} = 21,79 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{4C_1 + 4C_2}{2} = \frac{33,51 + 21,79}{2} = \frac{55,296}{2} = 27,65 \text{ MPa}$$

4.C Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$4C_1 = 7,5 \times 0,013 = 9,75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$4C_2 = 7,5 \times 0,14 = 10,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 4C_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{3,14}{9,75 \times 10^{-3}} = 322,05$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{322,05}{10,2} = 31,57 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 4C_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{4}{10,5 \times 10^{-3}} = 380,95$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{380,95}{10,2} = 37,35 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{4C_1 + 4C_2}{2} = \frac{31,57 + 37,35}{2} = \frac{68,92}{2} = 34,46 \text{ MPa}$$

5.A Variasi 5% (pati) : 2 % (kitosan) : 1 g (PVA)

$$5A_1 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$5A_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 5A_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,98}{8,25 \times 10^{-3}} = 240$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{240}{10,2} = 23,53 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 5A_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,88}{8,25 \times 10^{-3}} = 349,09$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{349,09}{10,2} = 34,22 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{5A_1 + 5A_2}{2} = \frac{23,53 + 34,22}{2} = \frac{57,75}{2} = 28,88 \text{ MPa}$$

5.B Variasi 5% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$5B_1 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$5B_2 = 7,5 \times 0,11 = 8,25 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 5B_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{3,07}{8,25 \times 10^{-3}} = 372,12$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{372,12}{10,2} = 36,48 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 5B_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,44}{8,25 \times 10^{-3}} = 295,76$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{295,76}{10,2} = 28,99 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{36,48 + 28,99}{2} = \frac{65,48}{2} = 32,74 \text{ MPa}$$

5.C Variasi 5% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$5C_1 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$5C_2 = 7,5 \times 0,12 = 9,00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat tarik } 5C_1 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2,31}{8,25 \times 10^{-3}} = 256,67$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{256,67}{10,2} = 25,16 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik } 5C_2 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1,78}{9,00 \times 10^{-3}} = 197,78$$

$$\frac{\text{kg/cm}^2}{10,2} = \text{MPa}$$

$$\frac{197,78}{10,2} = 19,39 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik Rata - rata} = \frac{50,1+50,2}{2} = \frac{25,16+19,39}{2} = \frac{44,55}{2} = 22,275 \text{ MPa}$$

#### 1.4 Data elongasi *Biofilm*

No	konsentrasi pati (%)	konsentrasi kitosan (%)	massa PVA (gram)	I <sub>0</sub>	I (cm)		I rata-rata
					I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	
1A	1	2	1	12,5	13,3	13,4	13,35
1B	1	2	2		13,9	13,9	13,9
1C	1	2	3		14,1	14,1	14,1
2A	2	2	1		13,6	13,5	13,55
2B	2	2	2		14,4	14,5	14,45
2C	2	2	3		14,9	14,8	14,85
3A	3	2	1		13,8	13,9	13,85
3B	3	2	2		14,6	14,9	14,75
3C	3	2	3		14,7	14,7	14,7
4A	4	2	1		13,8	14,1	13,95
4B	4	2	2		14,6	14,4	14,5
4C	4	2	3		16,1	16,4	16,25
5A	5	2	1		13,8	14,1	13,95
5B	5	2	2		15,1	14,9	15
5C	5	2	3		14,4	14,5	14,45

### 1.5 Perhitungan elongasi : $\%E = \frac{l-l_0}{l_0}$

1A. Variasi 1% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$1A_1 = \%E = \frac{13,3-12,5}{12,5} \times 100\% = 6,4 \%$$

$$1A_2 = \%E = \frac{13,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 7,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{6,4+7,2}{2} = 6,8 \%$$

1.B Variasi 1% (pati) : 2%(kitosan) : 2 g (PVA)

$$1B_1 = \%E = \frac{13,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 11,2 \%$$

$$1B_2 = \%E = \frac{13,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 11,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{11,2+11,2}{2} = 11,2 \%$$

1.C Variasi 1% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$1C_1 = \%E = \frac{14,1-12,5}{12,5} \times 100\% = 12,8 \%$$

$$1C_2 = \%E = \frac{14,1-12,5}{12,5} \times 100\% = 12,8 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{12,8+12,8}{2} = 12,8 \%$$

2.A Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$2A_1 = \%E = \frac{13,6-12,5}{12,5} \times 100\% = 8,8 \%$$

$$2A_2 = \%E = \frac{13,5-12,5}{12,5} \times 100\% = 8 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{8,8+8,4}{2} = 8,4 \%$$

2B. Variasi 2% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$2B_1 = \%E = \frac{14,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 15,2\%$$

$$2B_2 = \%E = \frac{14,5-12,5}{12,5} \times 100\% = 16\%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{15,2+16}{2} = 15,6\%$$

2.C Variasi 2%(pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$2C_1 = \%E = \frac{14,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 19,2\%$$

$$2C_2 = \%E = \frac{14,8-12,5}{12,5} \times 100\% = 18,4\%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{19,2+18,4}{2} = 18,8\%$$

3.A Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$3A_1 = \%E = \frac{13,8-12,5}{12,5} \times 100\% = 10,4\%$$

$$3A_2 = \%E = \frac{13,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 11,2\%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{10,4+11,2}{2} = 10,8\%$$

3.B Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$3B_1 = \%E = \frac{14,6-12,5}{12,5} \times 100\% = 16,8\%$$

$$3B_2 = \%E = \frac{14,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 19,2\%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{16,8+19,2}{2} = 18\%$$

3.C Variasi 3% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$3C_1 = \%E = \frac{14,7-12,5}{12,5} \times 100\% = 17,6\%$$

$$3C_2 = \%E = \frac{14,7-12,5}{12,5} \times 100\% = 17,6\%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{17,6+17,6}{2} = 17,6 \%$$

4.A Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$4A_1 = \%E = \frac{13,8-12,5}{12,5} \times 100\% = 10,4 \%$$

$$4A_2 = \%E = \frac{14,1-12,5}{12,5} \times 100\% = 12,5 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{10,4+12,5}{2} = 11,6 \%$$

4.B Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)

$$4B_1 = \%E = \frac{14,6-12,5}{12,5} \times 100\% = 16,8 \%$$

$$4B_2 = \%E = \frac{14,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 15,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{16,8+15,2}{2} = 16 \%$$

4.C Variasi 4% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$4C_1 = \%E = \frac{16,1-12,5}{12,5} \times 100\% = 28,8 \%$$

$$4C_2 = \%E = \frac{16,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 31,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{28,8+31,2}{2} = 30 \%$$

5.A Variasi 5% (pati) : 2% (kitosan) : 1 g (PVA)

$$5A_1 = \%E = \frac{14,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 15,2 \%$$

$$5A_2 = \%E = \frac{14,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 15,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{15,2+15,2}{2} = 15,2 \%$$

5.B Variasi 5% (pati) : 2% (kitosan) : 2 g (PVA)



$$5B_1 = \%E = \frac{15,1-12,5}{12,5} \times 100\% = 20,8 \%$$

$$5B_2 = \%E = \frac{14,9-12,5}{12,5} \times 100\% = 19,2 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{20,8+19,2}{2} = 20 \%$$

5.C Variasi 5% (pati) : 2% (kitosan) : 3 g (PVA)

$$5C_1 = \%E = \frac{14,4-12,5}{12,5} \times 100\% = 15,2 \%$$

$$5C_2 = \%E = \frac{14,5-12,5}{12,5} \times 100\% = 16 \%$$

$$\text{Elongasi rata-rata} = \frac{15,2+16}{2} = 15,6 \%$$

## 2. Hasil Uji Biodegradabilitas

### 2.1 Data uji biodegradabilitas *Biofilm*

No	Konsentrasi pati gembili (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	Biodegradabilitas		
				W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	ΔW
1A	1	1	1	0,0810	0,0092	0,0718
1B		1	2	0,0640	0,0528	0,0112
1C		1	3	0,1519	0,0631	0,0888
2A	2	1	1	0,0626	0,0512	0,0114
2B		1	2	0,0158	0,0120	0,0038
2C		1	3	0,1654	0,0609	0,1045
3A	3	1	1	0,0965	0,0582	0,0383
3B		1	2	0,1045	0,0809	0,0236
3C		1	3	0,1103	0,0973	0,0130
4A	4	1	1	0,0901	0,0858	0,0043
4B		1	2	0,1287	0,0847	0,0440
4C		1	3	0,2129	0,1733	0,0396
5A	5	1	1	0,1003	0,0593	0,0410
5B		1	2	0,1129	0,0519	0,0610
5C		1	3	0,2024	0,0973	0,1051

### 2.2 Perhitungan uji biodegradabilitas:

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

1.A Pati 1% : kitosan 2% : pva 1 g

$$\Delta W_A = 0,0718 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0810 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0718}{0,0810} \times 100\% = 88,64 \%$$

1.B Pati 1% : kitosan 2% : pva 2 g

$$\Delta W_A = 0,0112 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0640 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0112}{0,0640} \times 100\% = 17,5 \%$$

1.C Pati 1% : kitosan 2% : pva 3 g

$$\Delta W_A = 0,0888 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1519 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0888}{0,1519} \times 100\% = 58,45 \%$$

2.A Pati 2%: kitosan 2% : pva 1 g

$$\Delta W_A = 0,0114 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0626 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0114}{0,0626} \times 100\% = 18,21 \%$$

2.B Pati 2% : kitosan 2% : pva 2 g

$$\Delta W_A = 0,0038 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0158 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0038}{0,0158} \times 100\% = 24,05 \%$$

2.C Pati 2%: kitosan 2% : pva 3 g

$$\Delta W_A = 0,1045 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1654 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,1045}{0,1654} \times 100\% = 63,18 \%$$

3.A Pati 3% : kitosan 2% : pva 1 g

$$\Delta W_A = 0,0383 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0965 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0383}{0,0965} \times 100\% = 39,69 \%$$

3.B Pati 3% : kitosan 2% : pva 2 g

$$\Delta W_A = 0,0236 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1045 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0236}{0,1045} \times 100\% = 22,58 \%$$

3.C Pati 3% : kitosan 2% : pva 3 g

$$\Delta W_A = 0,0130 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1103 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0130}{0,1103} \times 100\% = 11,78 \%$$

4.A Pati 4% : kitosan 2% : pva 1 g

$$\Delta W_A = 0,0043 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0901 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0043}{0,0901} \times 100\% = 4,77 \%$$

4.B Pati 4% : kitosan 2% : pva 2 g

$$\Delta W_A = 0,0440 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1287 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0440}{0,1287} \times 100\% = 34,19 \%$$

4.C Pati 4% : kitosan 2% : pva 3 g

$$\Delta W_A = 0,0396 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,2129 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0396}{0,2129} \times 100\% = 18,60 \%$$

5.A Pati 5% : kitosan 2% : pva 1 g

$$\Delta W_A = 0,0410 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1003 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0410}{0,1003} \times 100\% = 40,88 \%$$

5.B Pati 5% : kitosan 2% : pva 2 g

$$\Delta W_A = 0,0610 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,1129 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,0610}{0,1129} \times 100\% = 54,03 \%$$

5.C Pati 5% : kitosan 2% : pva 3 g

$$\Delta W_A = 0,1051 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,2024 \text{ gram}$$

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{0,1051}{0,2024} \times 100\% = 51,93 \%$$

### 3. Hasil Uji Ketahanan Air

#### 3.1 Data uji ketahanan air *Biofilm*

No	Konsentrasi pati (%)	Konsentrasi kitosan (%)	Massa PVA (gram)	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	Δ W	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	ΔW
				1					2				
1A	1	2	1	0,0186	0,0198	0,0204	0,0204	0,0018	0,022	0,0248	0,0255	0,0255	0,0035
1B	1	2	2	0,019	0,024	0,0264	0,0264	0,0074	0,0842	0,108	0,108	0,108	0,0238
1C	1	2	3	0,0132	0,0176	0,0176	0,0176	0,0044	0,0182	0,0233	0,0233	0,0233	0,0051
2A	2	2	1	0,0198	0,0216	0,0216	0,0216	0,0018	0,021	0,0248	0,0262	0,0262	0,0052
2B	2	2	2	0,0184	0,019	0,0215	0,0215	0,0031	0,0168	0,0272	0,028	0,028	0,0112
2C	2	2	3	0,0106	0,021	0,0225	0,0225	0,0119	0,019	0,0235	0,024	0,024	0,005
3A	3	2	1	0,0184	0,0199	0,0201	0,0201	0,0017	0,0182	0,0152	0,0152	0,0152	-0,003
3B	3	2	2	0,012	0,0152	0,0152	0,0152	0,0032	0,011	0,0146	0,0146	0,0146	0,0036
3C	3	2	3	0,0116	0,0191	0,0202	0,0202	0,0086	0,0148	0,0186	0,021	0,021	0,0062
4A	4	2	1	0,0194	0,0221	0,0221	0,0221	0,0027	0,0162	0,0208	0,0208	0,0208	0,0046
4B	4	2	2	0,0091	0,0108	0,0108	0,0108	0,0017	0,0172	0,0252	0,026	0,026	0,0088
4C	4	2	3	0,0182	0,0272	0,0272	0,0272	0,009	0,018	0,025	0,025	0,025	0,007
5A	5	2	1	0,0186	0,0192	0,0201	0,0201	0,0015	0,0189	0,0244	0,0274	0,0274	0,0085
5B	5	2	2	0,0162	0,0248	0,0248	0,0248	0,0086	0,0157	0,0201	0,0216	0,0216	0,0059
5C	5	2	3	0,0177	0,0272	0,0272	0,0272	0,0095	0,0255	0,029	0,0359	0,0359	0,0104

### 3.2 Perhitungan uji ketahanan air:

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

1.A Variasi 1% pati : 2% kitosan : 1 gram pva

$$\Delta W = 0,00265 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0203 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0027}{0,0203} \times 100\% = 13,05 \%$$

1.B Variasi 1% pati : 2% kitosan : 2 gram pva

$$\Delta W = 0,0156 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0516 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0156}{0,0516} \times 100\% = 30,23 \%$$

1.C Variasi 1% pati : 2% kitosan : 3 gram pva

$$\Delta W = 0,00475 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0157 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0048}{0,0157} \times 100\% = 30,25 \%$$

2.A Variasi 2% pati : 2% kitosan : 1 gram pva

$$\Delta W = 0,0035 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0204 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0034}{0,0204} \times 100\% = 17,15 \%$$

2.B Variasi 2% pati : 2% kitosan : 2 gram pva

$$\Delta W = 0,00715 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0176 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0072}{0,0176} \times 100\% = 40,62 \%$$

2.C Variasi 2% pati : 2% kitosan : 3 gram pva

$$\Delta W = 0,00845 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0148 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0085}{0,0148} \times 100\% = 57,09 \%$$

3.A Variasi 3% pati : 2% kitosan : 1 gram pva

$$\Delta W = 0,00315 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0183 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0032}{0,0183} \times 100\% = 17,2 \%$$

3.B Variasi 3% pati : 2% kitosan : 2 gram pva

$$\Delta W = 0,0034 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0115 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0034}{0,0115} \times 100\% = 29,56 \%$$

3.C Variasi 3% pati : 2% kitosan : 3 gram pva

$$\Delta W = 0,0074 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0132 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0074}{0,0132} \times 100\% = 56,06 \%$$

4.A Variasi 4% pati : 2% kitosan : 1 gram pva

$$\Delta W = 0,00365 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0178 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0037}{0,0178} \times 100\% = 20,50 \%$$

4.B Variasi 4% pati : 2% kitosan : 2 gram pva

$$\Delta W = 0,00525 \text{ gram} ; \quad W_0 = 0,0132 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0053}{0,0132} \times 100\% = 39,77 \%$$

4.C Variasi 4% pati : 2% kitosan : 3 gram pva

$$\Delta W = 0,008 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0181 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0080}{0,0181} \times 100\% = 44,19 \%$$

5.A Variasi 5% pati : 2% kitosan : 1 gram pva

$$\Delta W = 0,0050 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0188 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0050}{0,0188} \times 100\% = 26,65 \%$$

5.B Variasi 5% pati : 2% kitosan : 2 gram pva

$$\Delta W = 0,0072 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0160 \text{ gram}$$

$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0072}{0,0160} \times 100\% = 45 \%$$

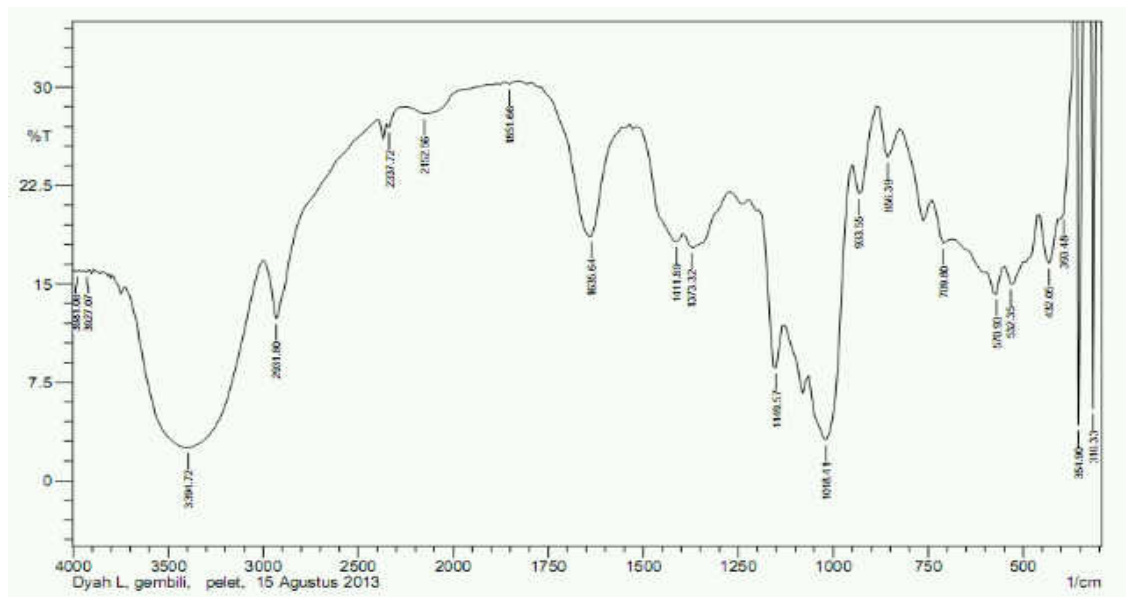
5.C Variasi 5% pati : 2% kitosan : 3 gram pva

$$\Delta W = 0,00995 \text{ gram} \quad ; \quad W_0 = 0,0216 \text{ gram}$$

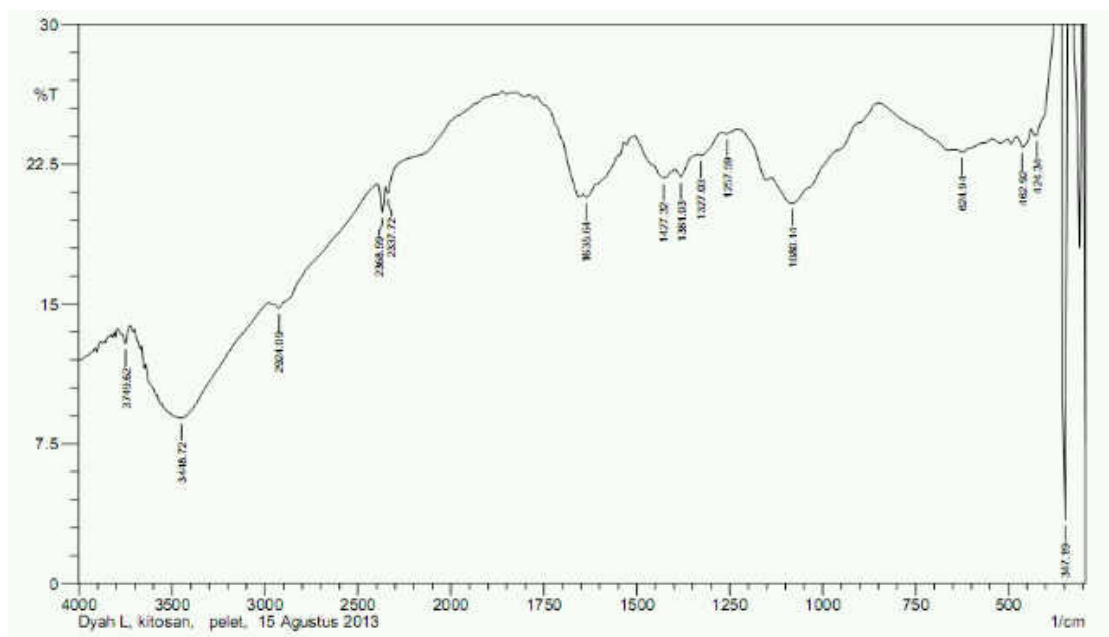
$$\% \text{ air yang diserap} = \frac{0,0099}{0,0216} \times 100\% = 46,06 \%$$



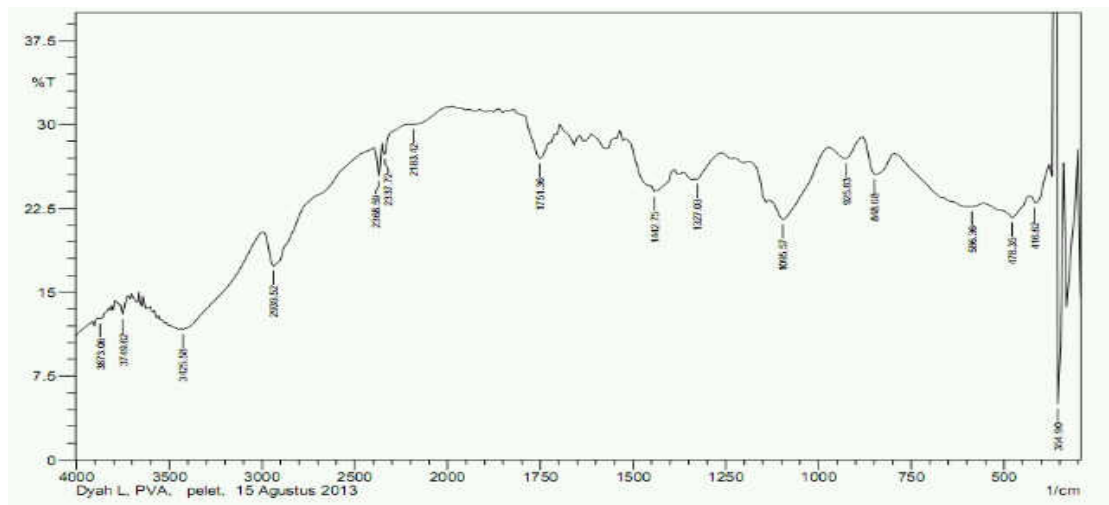
#### 4. Uji gugus ujung (gugus fungsi) dengan FT-IR



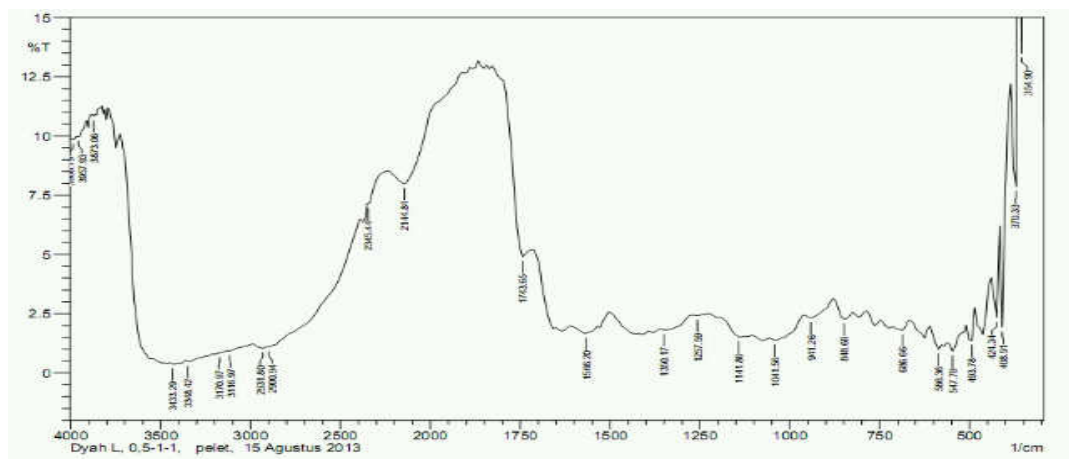
4.1 FT-IR pati gembili



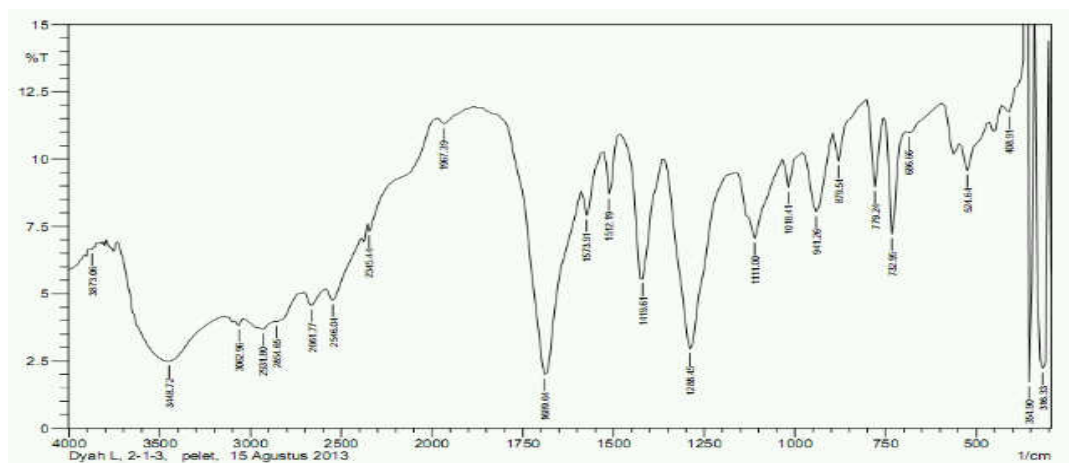
4.2 FT-IR kitosan



4.3 FT-IR polivinil alkohol (PVA)



4.4 FT-IR 1% pati : 2% kitosan : 1 gram PVA



4.5 FT-IR 4% pati : 2% kitosan : 3 gram PVA

## Lampiran 3

### Dokumentasi

#### 1. Pembuatan pati gembili



Gembili



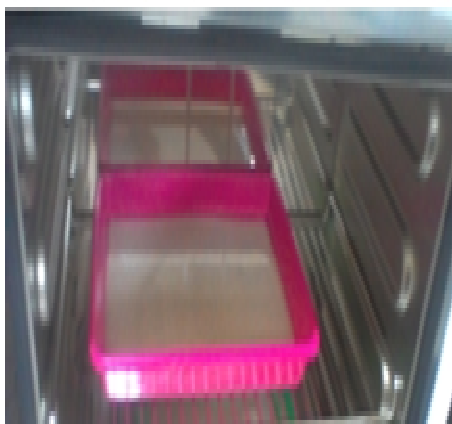
Gembili setelah dikuas dan di cuci



Gembili parut



Gembili yang di endapkan



Pengeringan pati gembili



Hasil pati gembili yang sudah di tumbuk

## 2. Pembuatan *Biofilm* Pati gembili-kitosan dan PVA



Bahan



Alat



Pelarutan pati



Pelarutan kitosan



Pengeringan *biofilm*



Hasil sintesis *biofilm*

### 3. Pengujian kuat tarik



Pencetakan *biofilm*



*Biofilm* yang uji kuat tarik

### 4. Uji biodegradabilitas



*Biofilm* di rendam EM4



*Biofilm* pengeringan di desikator



Penimbangan *biofilm*

5. Uji ketahanan air



*Biofilm* yang telah ditimbang



*Biofilm* yang dicelupkan ke dalam air



Penimbangan *biofilm* setelah di celup