

**PENGARUH KOMPOSISI KITOSAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN BIODEGRADABLE BIOPLASTIK**

SKRIPSI

**Oleh :
YUNITA DWI HARTATIK
0910930069-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PENGARUH KOMPOSISI KITOSAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN BIODEGRADABLE BIOPLASTIK**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Dalam Bidang Fisika

Oleh :

YUNITA DWI HARTATIK

0910930069-93



JURUSAN FISIKA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KOMPOSISI KITOSAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN BIODEGRADABLE BIOPLASTIK**

oleh :

Yunita Dwi Hartatik
0910930069-93

Telah dipertahankan di depan majelis Penguji pada.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si
NIP. 195606171986022001

Dra. S.J. Iswarin, M.Si., Apt.
NIP. 195107281984032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D
NIP. 196312271991031002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yunita Dwi Hartatik

NIM : 0910930069

Jurusan : Fisika

Penulisan Tugas Akhir berjudul : Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka TA ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi TA saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 7 Januari 2014

Yang menyatakan,

(Yunita Dwi Hartatik)

NIM. 0910930069

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PENGARUH KOMPOSISI KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRADABLE BIOPLASTIK

ABSTRAK

Bioplastik merupakan bahan alternatif untuk menggantikan plastik kemasan konvensional agar tidak mencemari lingkungan. Bioplastik dibuat dengan polimer alam sebagai bahan utama sehingga mudah dicerna oleh mikroorganisme. Penambahan kitosan pada bioplastik diharapkan mampu menghasilkan bioplastik yang tahan lama. Kitosan merupakan biopolimer yang memiliki zat antimicrobial sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengawet. Pada penelitian ini dipelajari mengenai pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik dan degradasi bioplastik.

Pembuatan bioplastik menggunakan metode blending dan dikeringkan pada suhu ruang ($22,0 \pm 0,5$) $^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban (45 ± 1)% selama 4 hari. Bahan utama bioplastik yang digunakan berupa pati ubi kayu, agar-agar, dan gelatin dengan sorbitol dan gliserol sebagai pemlastis. Variasi komposisi kitosan yang ditambahkan adalah 0%, 1%, 2%, 3% dan 5%. Karakterisasi bioplastik dilakukan dengan uji tarik dan uji biodegradable. Selain itu dilakukan pengujian pengaruh pemanasan bioplastik pada suhu 45°C terhadap nilai kuat tarik.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tarik optimum sebesar ($9,85 \pm 1,51$) MPa pada penambahan kitosan 1%. Sedangkan pengaruh pemanasan bioplastik pada suhu 45°C telah menambah nilai kuat tarik optimum pada penambahan kitosan 3% sebesar ($10,88 \pm 0,43$) MPa. Bioplastik terdegradasi hampir 75% dalam 15 hari.

Kata kunci: *bioplastik, pati ubi kayu, kitosan, kuat tarik, biodegradable*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



CHITOSAN COMPOSITION INFLUENCE TO THE MECHANICAL PROPERTIES AND BIODEGRADABLE OF THE BIOPLASTICS

ABSTRACT

Bioplastic is an alternative substitute materials to the conventional plastic which more environmental friendly. Bioplastic is made of natural polymer as the main substances, that will be expected become degradable. From this research, the durable bioplastic is to be expected can be produced by adding the chitosan in an optimum percentage. Chitosan is kind of the biopolymer which contain of the microbial substance that can be used as the preservatives. In this research, the effect of the chitosan addition towards the mechanical properties and degradation of the bioplastics is investigated.

The bioplastics is produced by blending and dried for 4 days at the room temperature of $(22,0\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ and humidity of $(45\pm 1)\%$. Bioplastics can be made from the main compositions such as cassava starch and gellatine with the sorbitol and glycerol as plastisizer. The chitosan that added into bioplastic is varying from 0%, 1%, 2%, 3% and 5%. The bioplastic characterization was done by using the tensile strength and biodegradable test. Moreover, the effect of the heating process of the bioplastics at temperature 45°C is also been tested.

By using this method, the bioplastic with optimum tensile strength $(9,85\pm 1,38)$ MPa can be produced with the optimum chitosan composition of 1%. Bioplastics with higher tensile strength can be reached by heating it up to 45°C with optimum tensile strength $(10,88\pm 0,79)$ MPa can be produced with the optimum chitosan composition of 3%, beside it will degraded up to 75% in 15 days.

Key words: *bio plastic, cassava starch, chitosan, tensile strength, anti-microbial*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil ‘alamiin, penulis panjatkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat, iman, dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Lelaki yang Cintanya Tak Pernah Berakhir: Nabi Muhammad saw sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul *“Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik”* semoga menjadi pendukung pengembangan ilmu dan teknologi di Indonesia.

Penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa doa dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan pada:

Sri Sayekti, ibuku tercinta: atas doa malam-malammu yang tak pernah putus. Rindu yang selalu terpendam, impian yang selalu terikat kuat di hati, InsyaAllah segera setelah akan ku jemput untukmu,

M. Sudjai, bapak: atas segala doa, dukungan spiritual dan material. Aku tak kan pernah ada di sini tanpa restumu,

Mbak Ita sekeluarga dan adekku Iin: sentilan kecilmu dan yang hampir tiap minggu bolak-balik menagih janjiku, insyaAllah secepatnya akan ku lunasi. *Kita Pasti Bisa!! ^^*,

Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si dan Dra. S. J. Iswarin, Apt., dosen pembimbingku: untuk segala motivasi, kesabaran, impian, cerita kecil juga sarannya sehingga skripsi ini selesai,

Para Dosen dan Staf Jurusan Fisika: semoga ilmu yang diberikan bermanfaat. Semoga saya bisa menjadi penerus Anda,

Iin dan Chum, kedua kakakku: atas waktu, kegilaan, semangat dan canda tawa semoga kita tetap menjadi saudara. *Semangat untuk lima tahun lagi!! :D*

Brotherhood Fisika 2009, teman seangkatanku: terimakasih atas dukungan dan semangatnya. Kalian membuatku *gregetan* untuk segera menyelesaikan skripsi ini. Semoga kita tetap menjadi saudara sampai kapan pun. Tetap semangat dan senyum ceria,

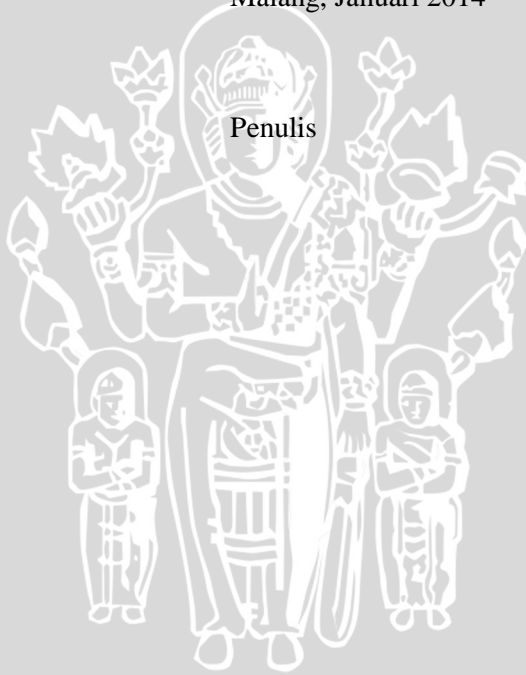
Izmaer’s, penghuni kontrakan: Jazz, Mbak Febri, Kokom, si Kembar Yani-Yanti, Mbak Fitri juga penghuni izma lama maupun baru untuk tangan hangat, telinga dan kasih sayang kalian semua. Aku tak bisa lupa akan diskusi kecil dan perbincangan kita, pagi-malam, semoga ukhuwah kita tetap terjaga,

Penghuni Labkom, Lab Biofisika, Lab Mikrobiologi: mbak Eka, mas Fadli, mbak Nanik, mbak Hellen, Pak Bambang, Pak Har, Bu rina untuk diskusi kecil kita, memudahkan saya menyelesaikan skripsi ini. Serta semua teman-teman Fisika UB dan alam semesta yang telah memberi dukungan baik langsung maupun tak langsung, semoga dipermudah menimba ilmu di Malang.

Penulis menyadari atas kemampuan dan kekurangan pengetahuan dalam penulisan skripsi ini. Saran, kritik dan komentar sangat dibutuhkan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya. Terima kasih atas segala perhatian pembaca dan semoga bermanfaat.

Malang, Januari 2014

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Polimer	3
2.2 Bioplastik	4
2.3 Pati Ubi Kayu	5
2.4 Agar-agar.....	6
2.5 Gelatin	7
2.6 Plastisizer	8
2.6.1 Sorbitol	8
2.6.2 Gliserol	9
2.7 Kitosan	9
2.8 Sifat Mekanik	10
2.8.1 Kuat Tarik	10
2.8.2 Elongasi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.3 Pembuatan Sampel	13
3.3.1 Persiapan Bahan	13
3.3.2 Pembuatan Bioplastik.....	14

3.4	Pengujian Sampel	15
3.4.1.	Uji tarik.....	15
3.4.2.	Perlakuan Suhu.....	16
3.4.3.	Uji Biodegradable.....	16
3.5	Analisis Data.....	16
3.6	Alur Penelitian.....	18
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1	Hasil Bioplastik	19
4.2	Sifat Mekanik Bioplastik.....	19
4.3	Uji Biodegradable Bioplastik	23
BAB V	PENUTUP	27
5.1	Kesimpulan.....	27
5.2	Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur molekul polimer. (a) polimer linier (b) polimer bercabang (c) polimer berkait dan (d) polimer berjejaring	4
Gambar 2. 2	Struktur amilum pada pati	6
Gambar 2. 3	Struktur amilopektin pada pati.....	6
Gambar 2. 4	Struktur kimia gelatin	7
Gambar 2. 5	Struktur kimia sorbitol.....	8
Gambar 2. 6	Struktur kimia gliserol	9
Gambar 2. 7	Struktur kimia kitosan	10
Gambar 3. 1	Pembuatan bioplastik.....	15
Gambar 3. 2	Ukuran sampel uji tarik	15
Gambar 3. 3	Diagram alir penelitian	18
Gambar 4. 1	Bioplastik yang dihasilkan berupa lembaran tipis dan transparan.....	19
Gambar 4. 2	Grafik kuat tarik bioplastik pada suhu 21°C dan 45°C.....	21
Gambar 4. 3	Grafik hubungan antara persen pemanjangan dan konsentrasi penambahan kitosan	23
Gambar 4. 4	Gambar sampel bioplastik 3% kitosan (a) sebelum dikubur dan (b) setelah penguburan selama 5 hari .	24
Gambar 4. 5	Grafik pengurangan massa bioplastik.....	25

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Komposisi bahan bioplastik.....	14
Tabel 4. 1	Tabel nilai kuat tarik bioplastik	20
Tabel 4. 2	Tabel nilai persen pemanjangan bioplastik.....	22
Tabel 4. 3	Persen pengurangan massa bioplastik.....	23

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil uji tarik pada suhu ruang dan suhu 45°C ..	33
Lampiran 2. Data uji biodegradable bioplastik.....	35
Lampiran 3. Grafik uji tarik bioplastik terhadap waktu	37
Lampiran 4. Pengelohan data hasil uji tarik	38
Lampiran 5. Pengolahan data elongasi	40
Lampiran 6. Pengolahan data uji biodegradable.....	42
Lampiran 7. Foto bahan-bahan bioplastik	44
Lampiran 8. Foto alat-alat penelitian.....	46



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik konvensional sudah dikenal dalam masyarakat luas, salah satunya sebagai plastik kemasan. Plastik kemasan merupakan wadah atau tempat untuk memberikan perlindungan sesuai tujuannya (Nurmimah, 2002). Plastik kemasan mempunyai banyak kelebihan antara lain bersifat kuat, ringan, fleksibel, tahan lama dan murah. Aplikasi penggunaan plastik kemasan sebagian besar adalah sebagai pembungkus makanan.

Selain mempunyai kelebihan yang sangat bermanfaat, plastik kemasan menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Sampah yang dihasilkan oleh plastik kemasan sulit terdegradasi. Oleh karena itu, banyak pihak telah terdorong untuk melakukan penelitian membuat plastik kemasan yang mudah terdegradasi.

Plastik *biodegradable* yang sering disebut dengan bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional namun mudah terdegradasi secara alami. Penelitian mengenai bioplastik semakin berkembang seiring dengan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan. Beberapa negara maju juga sudah mengharuskan penggunaan bahan kemasan yang mudah terdegradasi secara alami.

Di Indonesia, penelitian bioplastik sendiri sudah banyak dilakukan. Bioplastik yang dihasilkan terbuat dari polimer alam, yaitu polisakarida dan protein (Firdaus dkk., 2008; Rahadiyanto dan Agustini, 2013; Purwanti, 2010; Sanjaya dan Puspita, 2011). Polisakarida dapat ditemukan pada pati, misalnya pati dari ubi kayu, kentang maupun jagung. Protein yang digunakan untuk bioplastik adalah kolagen dan gelatin. Bioplastik terbuat dari polisakarida sudah dilakukan di Jurusan Fisika Universitas Brawijaya oleh Badriyah (2007) dan Nurmalia (2008). Namun bioplastik yang dihasilkan tidak tahan terhadap lingkungan sehingga perlu ditambahkan pengawet.

Salah satu pengawet dari bahan alam adalah kitosan. Kitosan merupakan modifikasi protein dari kitin yang ditemukan pada kulit udang, kepiting, lobster dan serangga. Kitosan mempunyai kemampuan yang baik untuk dibentuk plastik juga mempunyai sifat

antimikrobakterial (Dutta dkk., 2009). Kitosan juga bersifat non toksik, mudah terdegradasi dan mudah digabungkan dengan material lainnya (Viorica dkk., 2010). Oleh karena itu penulis termotivasi melakukan penambahan kitosan pada bioplastik untuk mempelajari sifat mekanik dan kemampuan degradasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh pemberian kitosan pada sifat bioplastik yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh suhu terhadap sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan?
3. Bagaimana degradasi dari bioplastik yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Persentase kitosan yang digunakan adalah 0%, 1%, 2%, 3%, 5% dari bahan utama.
2. Uji yang dilakukan adalah uji tarik pada suhu ruang 21°C dan pemanasan bioplastik pada temperatur 45°C.
3. Uji biodegradable dilakukan selama 5 hari, 10 hari dan 15 hari.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempelajari pengaruh pemberian kitosan pada sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan.
2. Mempelajari pengaruh suhu terhadap sifat mekanik dari bioplastik.
3. Mempelajari pengaruh kitosan pada degradasi bioplastik.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan bioplastik yang ramah lingkungan dengan sifat mekanik bioplastik. Selain itu degradasi bioplastik juga dapat diketahui sehingga dapat diaplikasikan sebagai plastik kemasan makanan yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer

Polimer merupakan molekul raksasa (makromolekul) yang tersusun dari unit molekul kecil yang disebut monomer. Penyusun utama dari polimer yaitu atom karbon yang berikatan kovalen dengan atom lainnya. Monomer merujuk pada molekul kecil dari mana polimer disintesis. Polimer dengan monomer sama disebut homopolimer sedangkan polimer dengan monomer yang berbeda satu ataupun lebih disebut kopolimer.

Karakter fisik dari polimer tidak hanya bergantung pada berat molekul dan bentuknya, tetapi juga perbedaan struktur molekul pada rantainya (Callister, 2007). Berdasarkan struktur molekul, polimer dibedakan menjadi empat, yaitu polimer linier, polimer bercabang, polimer berkait dan polimer berjejaring.

a. Polimer linier

Polimer yang terbentuk oleh unit berulang yang tergabung bersama membentuk satu rantai panjang. Rantai panjang yang fleksibel mirip spageti. Sebagian besar polimer linier terdapat ikatan van der Waals dan ikatan hidrogen antar rantai.

b. Polimer bercabang

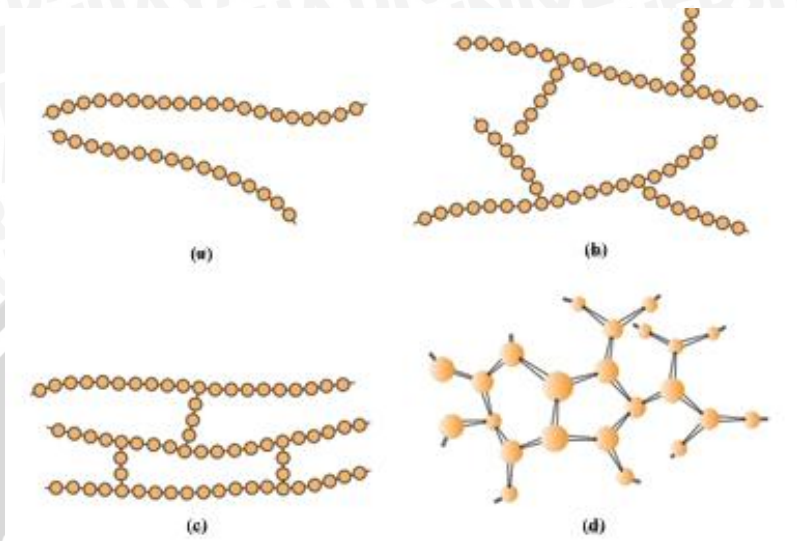
Polimer bercabang merupakan polimer yang disintesis dengan rangkaian cabang yang saling berhubungan. Percabangan dianggap sebagai bagian dari rantai utama molekul sebagai hasil reaksi yang terjadi selama sintesis dari polimer.

c. Polimer berkait (bersilang)

Pada polimer berkait, rantai linier yang berdekatan saling bergabung satu sama lain pada ragam posisi dengan ikatan kovalen. Proses berkait terbentuk selama reaksi non reversible. Umumnya polimer berkait dilakukan oleh atom atau molekul aditif berikatan kovalen dengan rantai.

d. Polimer berjejaring

Polimer dengan persilangan banyak diklasifikasikan sebagai polimer berjejaring. Material ini mempunyai sifat mekanik dan sifat termal yang khas.



Gambar 2.1 Struktur molekul polimer. (a) polimer linier (b) polimer bercabang (c) polimer berkait dan (d) polimer berjejar

2.2 Bioplastik

Bioplastik merupakan salah satu polimer yang mudah dibentuk. Pada dasarnya bioplastik bersifat fleksibel, dapat dicetak, tidak berbau, mampu menghambat keluar masuknya gas dan uap air serta transparan (Paramawati dkk., 2007). Bioplastik mudah terdegradasi dan tidak mengandung racun ketika dibakar maupun menjadi sampah karena bersifat ramah lingkungan. Menurut Krochta (1992), bioplastik adalah lapisan tipis dan kontinu yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk di atas komponen makanan (coating) atau diletakkan di antara komponen makanan (film) yang berfungsi sebagai penghambat terhadap transfer massa (misalnya kelembapan, oksigen, lipid, zat terlarut), atau sebagai *carier* bahan makanan atau aditif, atau untuk meningkatkan penanganan makanan.

Komponen penyusun bioplastik hampir atau keseluruhan terdiri dari bahan yang dapat diperbaharui. Komposisi bioplastik dapat terdiri dari satu atau lebih biopolimer yang dikombinasikan dengan satu atau lebih plastisizer serta zat aditif bila diperlukan. Bahan dasar penyusun bioplastik disebut sebagai biopolimer yang digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida),

lemak (asam lemak dan *wax*), dan campuran (hidrokoloid dan lemak). Setiap komponen penyusun bioplastik akan mempengaruhi sifat dari bioplastik yang dihasilkan.

Nurmalia (2008), telah membuat bioplastik menggunakan tiga macam biopolimer dengan dua macam pemlastis. Biopolimer yang digunakan adalah campuran pati ubi kayu, agar-agar, dan gelatin dengan sorbitol dan gliserol sebagai pemlastis. Rasio antara biopolimer dan pemlastis yang digunakan adalah 3:2 dan 1:1 rasio untuk pemlastisnya. Bioplastik yang dihasilkan mempunyai kuat tarik maksimum ($7,95 \pm 0,53$) MPa dan persen pemanjangannya sebesar ($90,00 \pm 1,92$)% pada suhu 25°C .

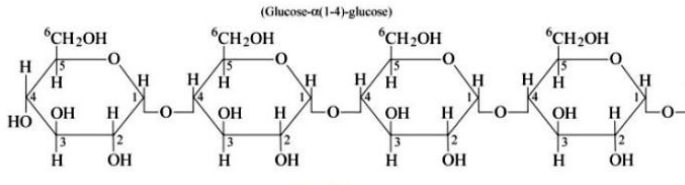
2.3 Pati Ubi Kayu

Pati merupakan salah satu polisakarida yang terbentuk dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Pati dapat berupa kristal bergranula yang tidak larut air pada temperatur ruangan. Ukuran dan morfologi granula pati bergantung pada jenis tanaman, bentuknya dapat berupa lingkaran, elips, lonjong, polygonal atau polyhedral serta bentuk yang tidak teratur.

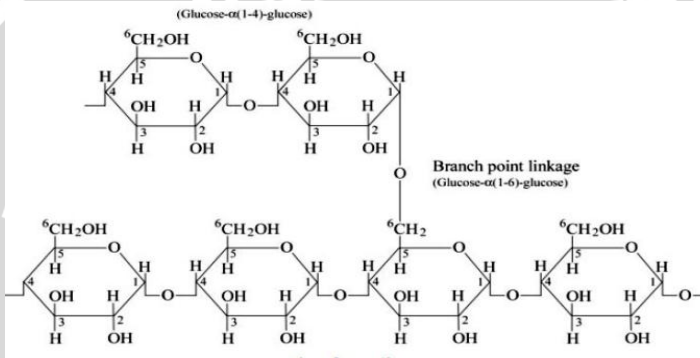
Pati ubi kayu merupakan senyawa yang tersusun dari polisakarida, polipeptida (protein) dan lipida. Ketiga komponen penyusun pati tersebut memiliki sifat termoplastik, sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak sebagai film kemasan (Rahardiyanto dan Agustini, 2013).

Pada umumnya pati ubi kayu tersusun dari 25% amilosa dan 75% amilopektin. Menurut Nwokocha (2008), amilosa merupakan polimer berbentuk panjang dan lurus serta sedikit bercabang (<1%) dengan berat molekul 500.000 g/mol. Molekul amilosa berbentuk helix dan bersifat hidrofobik. Amilopektin memiliki bentuk yang bercabang dan memiliki berat molekul 10^7 - 10^9 g/mol bergantung pada jenis tanamannya. Oleh karena pati ubi kayu terbentuk dari monomer-monomer glukosa, maka pati mempunyai kemampuan untuk membentuk gel melalui proses pemanasan 90°C atau lebih sebagai akibat pecahnya struktur amilosa dan amilopektin. Terbentuknya gel ini, pati ubi kayu mampu menjebak udara dan air bebas. Pemecahan ikatan amilosa dan amilopektin akan menyebabkan terjadinya perubahan lebih lanjut seperti peningkatan

molekul air sehingga terjadi penggelembungan molekul, pelelehan kristal dan terjadi peningkatan viskositas.



Gambar 2. 2 Struktur amilum pada pati



Gambar 2. 3 Struktur amilopektin pada pati

2.4 Agar-agar

Agar-agar atau agarosa atau *ceylon* adalah zat yang biasanya berupa gel yang diolah dari rumput laut atau alga. Struktur dari agar-agar terdiri dari karbohidrat dengan berat molekul tinggi yang mengisi dinding sel rumput laut. Agar-agar merupakan polisakarida kompleks yang tergolong kelompok pectin dan merupakan suatu polimer tersusun dari monomer galaktosa. Beberapa jenis rumput laut dari golongan *Phaeophycophyta* yaitu *Gracilaria* dan *Gelidium* juga dapat dipakai sebagai sumber agar-agar.

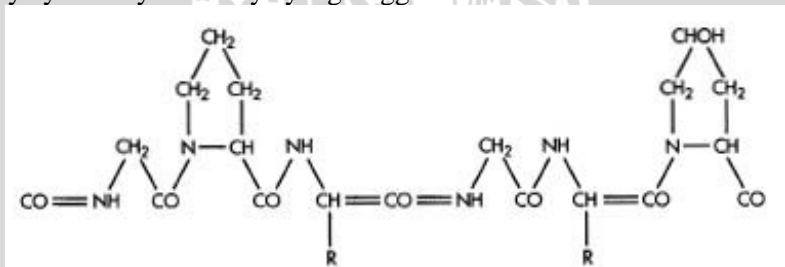
Gel agar-agar terbentuk pada saat dipanaskan di air. Agar-agar mulai mencair pada suhu 85°C, molekul agar-agar dan air bergerak bebas. Pada suhu 32-40°C agar-agar akan memadat. Molekul-molekul agar-agar saling rapat, memadat dan membentuk kisi-kisi yang mengurung molekul-molekul air, sehingga terbentuk sistem koloid padat-cair (<http://id.wikipedia.org/wiki/agar-agar>). Kisi-kisi

ini dimanfaatkan dalam elektroforesis sel agar-agar untuk menghambat pergerakan molekul objek akibat perbedaan tegangan antara dua kutub. Agar-agar juga memiliki peran sebagai bahan untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan ketahanan suatu sampel terhadap radiasi microwave (Stevens, 2002).

2.5 Gelatin

Gelatin adalah substansi padat bersifat transparan, tidak berwarna, rapuh, dan tidak berasa. Gelatin berasal dari kolagen di dalam kulit dan tulang hewan. Gelatin berasal dari kolagen yang terhidrolisis dan reaksinya bersifat *irreversible*. Gelatin biasanya digunakan sebagai perantara pembentukan gel dalam makanan, obat-obatan, industri kosmetik maupun fotografi. Gelatin dapat langsung ditambahkan ke makanan atau direndam dalam air terlebih dahulu. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Gelatin>)

Gelatin merupakan protein alami yang memberikan sifat penstabil dan pengental bagi media yang berbasis air. Gelatin memiliki ciri-ciri tanpa rasa, berupa butiran solid dan biasanya berwarna kuning pucat (Stevens, 2002). Gelatin juga memiliki sifat yang mudah meleleh saat dipanaskan dan mudah padat kembali jika didinginkan. Penggunaan gelatin sangatlah luas dikarenakan gelatin bersifat serba bisa, yaitu bisa berfungsi sebagai bahan pengisi, pengemulsi (emulsifier), pengikat, pengendap, pemerkaya gizi, sifatnya juga luwes yaitu dapat membentuk lapisan tipis yang elastis, membentuk film yang transparan dan kuat, kemudian sifat penting lainnya yaitu daya cernanya yang tinggi.



Gambar 2. 4 Struktur kimia gelatin

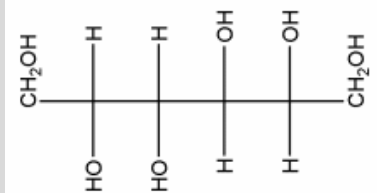
2.6 Plastisizer

Plastisizer adalah bahan organik dengan bobot molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud memperlemah kekakuan suatu film (Gennadios, 2002). Menurut Krochta (1992), plastisizer didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi, yang jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa tersebut. Terdapat dua plastisizer yang umum digunakan, yaitu sorbitol dan gliserol.

2.6.1 Sorbitol

Sorbitol atau yang dikenal juga sebagai glusitol adalah gula alkohol yang dimetabolis oleh tubuh manusia dengan lamban. Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Sorbitol adalah senyawa monosakarida *polyhidric alcohol*. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehid pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol.

Sorbitol merupakan zat yang berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis. Sorbitol larut dalam air, gliserol, *propylene glycol*, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan acetamida (<http://repository.usu.ac.id>). Sorbitol dapat dibuat dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitik bertekanan tinggi. Sorbitol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk industri tekstil dan kulit (Othmer, 1960). Selain itu sorbitol digunakan sebagai plastisizer pada bioplastik.

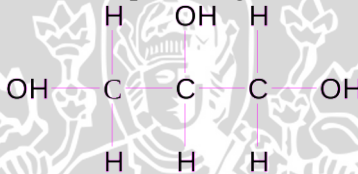


Gambar 2. 5 Struktur kimia sorbitol

2.6.2 Gliserol

Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-trihidroksi propana. Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki tiga gugus hidroksil. Gugus hidroksil ini mengikat molekul amina pada protein. Semakin besar gaya ikat antar molekul suatu benda maka benda tersebut semakin kaku dan tidak fleksibel. Sebaliknya gaya antar molekul lemah karena pemberian bahan pemlastis sehingga benda tersebut lentur.

Gliserol memiliki ciri-ciri bening, tanpa warna, higroskopis, kental dan manis. Gliserol larut dalam air, alkohol dan *propylene glycol* dan agak sulit larut dalam aseton serta tidak larut dalam kloroform, eter dan minyak. Pada bioplastik, semakin besar kandungan gliserol yang terlarut dalam suatu larutan, maka akan terjadi pengerutan pada saat sampel kering (Stevens, 2002).



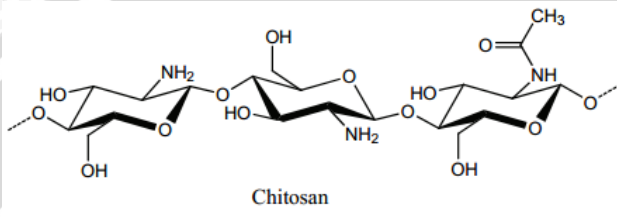
Gambar 2. 6 Struktur kimia gliserol

2.7 Kitosan

Kitosan merupakan polisakarida yang terdapat dalam jumlah melimpah di alam. Kitosan adalah polisakarida linier yang terdiri atas $\beta(1-4)$ linked *D-glucosamine* dengan *N-acetylglucosamine* secara acak. Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin yang tergantung dari kitin yang diperoleh dan kelarutannya dalam suatu alkali serta waktu yang digunakan dalam desetilasi. Material ini telah banyak digunakan dalam bidang biomedis dan farmasetika karena bersifat biodegradable, biokompatibel dan tidak beracun.

Kitosan merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan. Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membrane atau film serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda. Kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut asam organik di bawah pH 6 antara lain asam format, asam sitrat dan asam asetat.

Untuk keperluan pelapisan bahan makanan, kitosan dibuat menjadi bentuk lembaran dengan cara melarutkan kitosan pada asam asetat 1% (Nadarajah, 2005). Lembaran plastik kitosan mempunyai sifat cenderung rapuh dan mudah pecah, sehingga perlu penambahan plastisizer untuk penggunaan dalam jangka waktu lama (Meyers dkk., 2007).



Gambar 2. 7 Struktur kimia kitosan

2.8 Sifat Mekanik

Setiap material mempunyai sifat mekanik yang berbeda-beda baik kuat tarik, persen pemanjangan, kekerasan, ketahanan, kekuatan, kerapuhan dan sebagainya. Sifat mekanik polimer ini akan menentukan karakteristik dari polimer tersebut. Sifat mekanik ini bergantung pada gaya antar molekul pada polimer.

2.8.1 Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan salah satu dari sifat suatu bahan. Kuat tarik merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya yang diberikan hingga sampel terputus. Beberapa bioplastik memiliki kekuatan tarik yang terbatas. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sampel polimer dengan dimensi yang seragam. Ketika suatu bahan diberi gaya eksternal F , maka akan terjadi perubahan ukuran maupun bentuk. Selama pemberian gaya, suatu bahan akan memberikan reaksi terhadap tarikan yang diberikan. Tarikan tersebut akan tersebar merata pada luas penampang lintang A . Jika gaya diberikan terus-menerus, maka material tersebut akan mengalami kerusakan (putus). Kuat tarik merupakan perbandingan dari gaya maksimum dalam suatu uji tarik yang tegak lurus terhadap luas penampang original dari suatu sampel (Budinski, 1996). Satuan dari kuat tarik adalah N/m^2 .

$$\text{kuat tarik} = \sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.1)$$

dimana σ = kuat tarik

F_{maks} = gaya tarik maksimum

A = luas penampang.

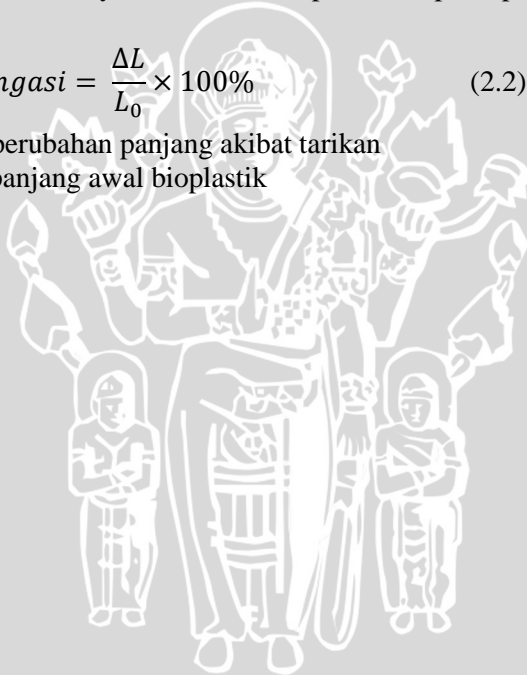
2.8.2 Elongasi

Suatu material yang telah dikenai gaya akan mengalami tegangan dan regangan. Regangan akibat tarikan merupakan rasio antara penambahan panjang dengan panjang awal. Pemanjangan (elongasi) pada bahan dapat disertai dengan patahan pada bahan tersebut. Elongasi biasanya ditulis dalam persen, seperti pada persamaan 2.2.

$$\% \text{ elongasi} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana ΔL = perubahan panjang akibat tarikan

L_0 = panjang awal bioplastik



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Jurusan Fisika dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya pada bulan Juni – November 2013.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca, beker gelas, gelas ukur, pipet, spatula, heat magnetic stirrer, loyang teflon, termometer, alat uji tarik Tensile Strength ZP recorder 50 N Imada, cup, dan komputer.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pati ubi kayu, agar-agar, gelatin, sorbitol, gliserol 1%, aquades, asam asetat, kitosan, dan tanah kebun.

3.3 Pembuatan Sampel

3.3.1 Persiapan Bahan

a. Rasio biopolimer, pemlastis dan kitosan

Pembuatan bioplastik terdapat dua kelompok bahan utama, yaitu biopolimer dan pemlastis. Pati, agar-agar, dan gelatin sebagai biopolimer serta sorbitol dan gliserol sebagai pemlastis. Berdasarkan penelitian sebelumnya, Nurmalia (2008), rasio antara biopolimer dan pemlastis yang digunakan adalah 3:2, sedangkan perbandingan sorbitol dan gliserol adalah 1:1. Perbandingan bahan biopolimer harus lebih besar daripada pemlastis supaya bioplastik yang dihasilkan tidak lembek. Selanjutnya, pada penelitian ini akan ditambahkan kitosan yang digunakan sebagai pengawet sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 5% dari keseluruhan bahan. Konsentrasi kitosan semakin besar diharapkan meningkatkan kuat tarik pada bioplastik.

Tabel 3. 1 Komposisi bahan bioplastik

No	Biopolimer			Pemlastis		Kitosan	
	Pati Ubi kayu (g)	Agar-agar (g)	Gelatin (g)	Sorbitol (g)	Gliserol (ml)	%	gram
1	6	4.5	3	4.5	360	0	0
2	6	4.5	3	4.5	360	1	0.225
3	6	4.5	3	4.5	360	2	0.45
4	6	4.5	3	4.5	360	3	0.675
5	6	4.5	3	4.5	360	5	1.125

b. Pembuatan larutan gliserol

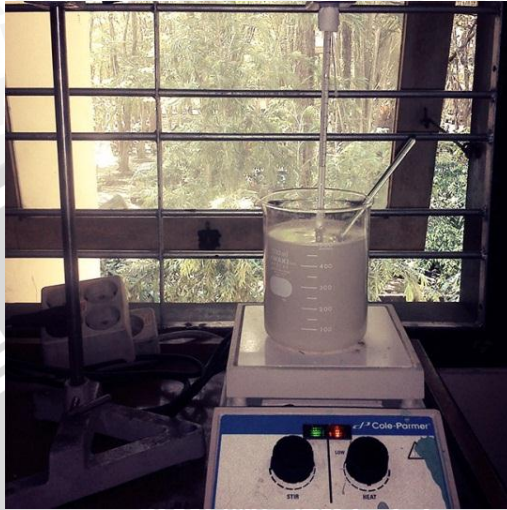
Larutan gliserol 1% digunakan untuk mencampur biopolimer dengan pemlastis. Larutan gliserol dibuat berdasarkan persamaan 3.1 dimana C_1 adalah konsentrasi gliserol awal dan C_2 adalah konsentrasi gliserol yang dibutuhkan.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad (3.1)$$

Konsentrasi gliserol pada penelitian ini 98% sehingga untuk mendapatkan larutan gliserol 1% dengan melarutkan 5 ml gliserol 98% ke dalam 485 ml aquades.

3.3.2 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dapat dilakukan dengan tiga metode, yaitu *blending*, *laminating*, dan *coating*. Pada penelitian ini digunakan metode *blending* yaitu dengan mencampurkan semua bahan menjadi satu dan dipanaskan hingga suhu $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$. Adapun pembuatan bioplastik dilakukan dalam empat tahapan. Tahap pertama yaitu dengan mencampur semua bahan utama. Kemudian diaduk perlahan dan didiamkan selama 10 menit. Tahap kedua melarutkan kitosan ke dalam asam asetat. Selanjutnya dituangkan ke dalam bahan utama. Tahap ketiga yaitu pemanasan serta pengadukan bahan yang dilakukan secara terus menerus hingga larutan mencapai suhu $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$. Pengadukan dilakukan untuk menghilangkan gelembung pada sampel. Tahap terakhir adalah pencetakan dengan menuangkan bahan pada loyang teflon secara merata. Kemudian bioplastik dikeringkan dengan cara disimpan pada ruangan bersuhu $(22,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ dengan kelembapan $(45 \pm 1)\%$ selama 4 hari.



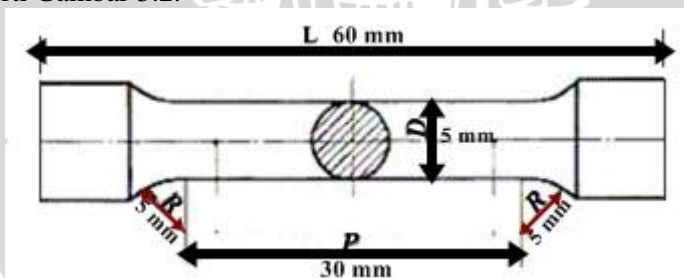
Gambar 3. 1 Pembuatan bioplastik

3.4 Pengujian Sampel

Sebelum sampel dibentuk sesuai dengan kebutuhan pengujian (uji tarik dan uji biodegradable), dipilih lembaran sampel bioplastik yang memiliki ketebalan sama.

3.4.1. Uji tarik

Pengujian sampel dilakukan uji mekanik yakni uji kuat tarik bioplastik, agar dapat diketahui karakteristik dari plastik tersebut. Uji kuat tarik bioplastik menggunakan sampel yang telah dibentuk seperti Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Ukuran sampel uji tarik

Sebelum dilakukan pengujian kuat tarik, diukur terlebih dulu tebal dan panjang dari sampel. Pengukuran tebal sampel diambil rata-rata dari tiga titik di leher sampel. Setelah itu sampel dijepit pada penjepit alat uji tarik. Skala penghitung gaya diset pada posisi nol. Gaya diberikan dengan memutar tuas sampai sampel putus.

Persen pemanjangan didapatkan dari uji tarik sampel bioplastik sampai sebelum putus. Pengukuran panjang sampel dilakukan sebelum sampel plastik diberikan gaya (L_0) dan ketika sampel diberi gaya sampai sesaat sebelum putus sebagai L . Perbandingan antara pertambahan panjang bioplastik ΔL dengan L_0 dikalikan 100 % merupakan persen pemanjangan sesuai persamaan (2.2).

3.4.2. Perlakuan Suhu

Pengujian pengaruh suhu dilakukan pada pemanasan sampel pada temperatur 45°C . Sampel dimasukkan pada oven bersuhu 45°C selama 1 jam sebagai perlakuan. Kemudian sampel didinginkan dan dilakukan uji tarik. Tujuan dari pemberian panas ini adalah untuk mengetahui sifat bioplastik terhadap kuat tarik.

3.4.3. Uji Biodegradable

Uji biodegradable dilakukan dengan menanam sampel pada tanah. Tanah tersebut dimasukkan ke dalam cup dan sampel bioplastik yang berukuran 2 cm x 2cm ditanam di dalamnya. Selanjutnya cup ditutup rapat. Pengambilan data dilakukan setelah penanaman berlangsung selama 5, 10 dan 15 hari dengan pengulangan tiga kali.

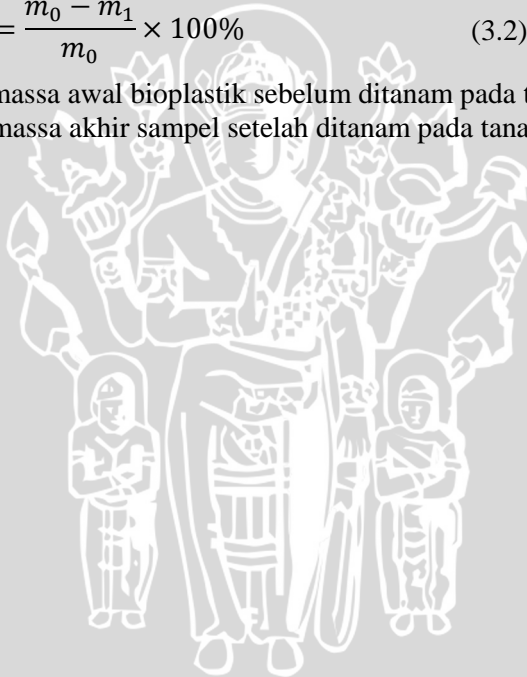
3.5 Analisis Data

Pengujian sampel bioplastik terhadap sifat mekanik menghasilkan data luas penampang sampel (A), tebal sampel (d), gaya tarik maksimum (F_{\max}), panjang awal (L_0), dan penambahan panjang (ΔL). Pengolahan data dengan menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) didapatkan kuat tarik dan persen pemanjangan dari bioplastik yang sudah dibuat. Hasil dari kuat tarik dan persen pemanjangan bioplastik tersebut dirata-rata. Kemudian diplotkan pada grafik hubungan komposisi kitosan dengan kuat tarik untuk mengetahui pengaruh dari penambahan kitosan terhadap kuat tarik bioplastik.

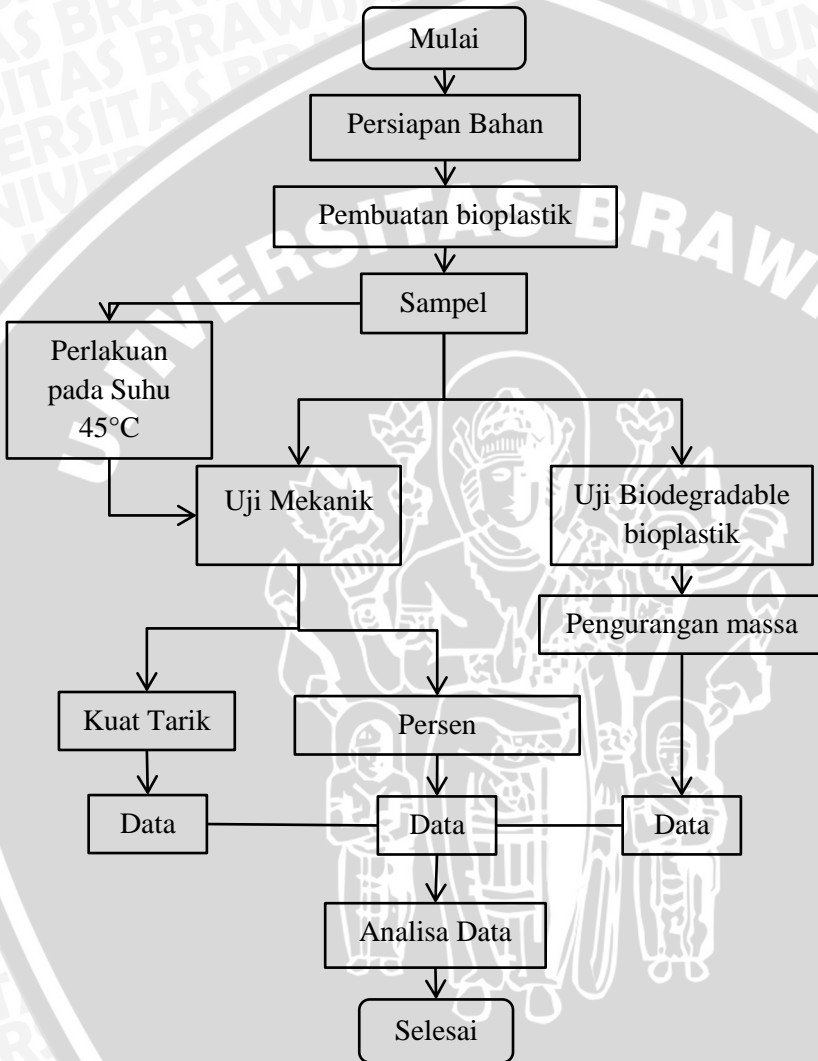
Uji biodegradable ditunjukkan dengan tingkat kerusakan bioplastik. Kerusakan bioplastik dapat diketahui dari pengurangan massa bioplastik saat dikubur dalam tanah. Sebelum dikubur, sampel ditimbang sebagai massa awal (m_0). Kemudian dikubur dalam tanah dengan variasi waktu selama 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Sampel bioplastik yang sudah dikubur tersebut lalu diambil, dikeringkan dan ditimbang. Massa bioplastik yang telah dikubur disebut sebagai m_1 . Hasil dari tiap komposisi diambil rata-rata, sehingga didapatkan presentase massa akhir rata-rata. Selanjutnya diplotkan dalam grafik hubungan antara waktu dengan presentase pengurangan massa. Nilai presentase massa rata-rata dari bioplastik yang telah dikubur diperoleh melalui persamaan 3.2

$$\% m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

dimana m_0 = massa awal bioplastik sebelum ditanam pada tanah
 m_1 = massa akhir sampel setelah ditanam pada tanah.



3.6 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Bioplastik

Pada umumnya, bioplastik yang dihasilkan berupa lembaran tipis, transparan yang tidak tembus pandang, dan elastis. Bioplastik dengan kitosan yang lebih banyak, tampak kekuningan, sedikit basah, berbau tajam dan berasa asam. Hal ini dikarenakan asam asetat yang digunakan sebagai pelarut kitosan pada bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan dari pengeringan secara alami pada ruangan bersuhu 21°C hingga 22°C dengan kelembapan sekitar 45% memiliki ketebalan antara 70-145 µm.



Gambar 4.1 Bioplastik yang dihasilkan berupa lembaran tipis dan transparan

4.2 Sifat Mekanik Bioplastik

Sifat mekanik pada bioplastik dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Menurut Ban (2005), faktor terpenting yang mempengaruhi sifat mekanik bahan bioplastik adalah afinitas antara komponen penyusunnya. Afinitas merupakan suatu fenomena dimana atom atau molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Semakin meningkat afinitas, semakin banyak ikatan antar molekul yang terbentuk. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jenis ikatan dan jumlah ikatan molekulnya. Ikatan kimia yang kuat akan sulit diputus, sehingga untuk memutuskan ikatan yang kuat diperlukan energi yang besar.

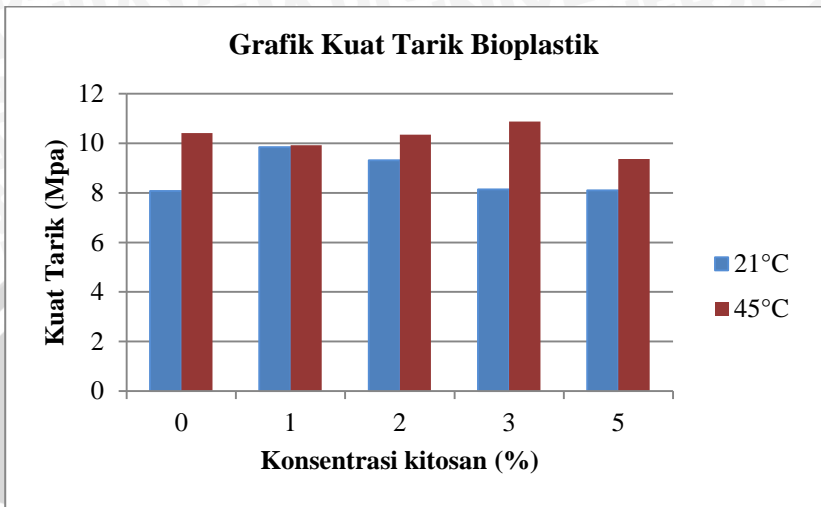
Sifat mekanik pada bioplastik salah satunya dapat diketahui dari uji tarik. Uji tarik merupakan jenis pengujian pada material untuk mengetahui respon material bila diberikan gaya, sehingga diketahui sifat dari material tersebut. Sifat material tersebut dapat dianalisa dari kuat tarik dan elongasi dari uji tarik. Besarnya kuat tarik dan elongasi bioplastik ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel nilai kuat tarik bioplastik

Konsentrasi kitosan (%)	Kuat Tarik (MPa)	
	21°C	45°C
0	8,07 ± 0,41	10,41 ± 1,62
1	9,85 ± 1,51	9,92 ± 1,24
2	9,31 ± 1,69	10,34 ± 1,63
3	8,14 ± 1,97	10,88 ± 0,79
5	8,09 ± 1,24	9,37 ± 0,48

Kuat tarik merupakan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bioplastik hingga terputus. Gambar 4.2 direpresentasikan dari Tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa bioplastik 0% kitosan memiliki kuat tarik sebesar (8,07 ± 0,41) MPa pada suhu 21°C. Setelah penambahan kitosan sebesar 1%, kuat tarik bioplastik naik 22,06% menjadi (9,8 ± 1,51) MPa, sedangkan dengan penambahan kitosan sebesar 2% pada bioplastik, kuat tarik yang dihasilkan (9,31 ± 1,54) MPa atau naik sebesar 13,32%.

Penambahan kitosan pada film pati menambah sifat mekanik secara signifikan. Kenaikan kuat tarik pada bioplastik menunjukkan adanya interaksi dalam film campuran (bioplastik-kitosan). Kitosan memiliki kekuatan mekanis yang baik karena memiliki gugus hidroksil (OH) yang bermuatan negatif dan gugus amino (NH₂) yang bermuatan positif sehingga mampu berikatan secara ionik dengan sangat kuat (Anward dkk., 2013). Meskipun demikian, kitosan film sendiri bersifat rapuh dan tidak cocok pada kondisi kering (Zhong dan Xia, 2008). Pada penambahan kitosan sebanyak 3% dan 5%, kuat tarik bioplastik mengalami penurunan. Kuat tarik yang dihasilkan adalah (8,14 ± 1,97) MPa dan (8,09 ± 1,24) MPa.



Gambar 4.2 Grafik kuat tarik bioplastik pada suhu 21°C dan 45°C

Pemanasan bioplastik pada suhu 45°C menghasilkan kuat tarik bioplastik cenderung naik. Kenaikan kuat tarik disebabkan karena berkurangnya kandungan air pada bioplastik. Dengan demikian struktur molekul pada bioplastik semakin rapat dan homogen sehingga kuat tarik semakin besar. Nilai terbesar kuat tarik pada suhu 45°C yaitu pada penambahan kitosan dengan konsentrasi 3% sebesar (10,88 ± 0,79) MPa.

Hasil penambahan konsentrasi kitosan pada bioplastik menunjukkan bahwa adanya interaksi dalam film campuran (bioplastik pati-kitosan). Penambahan kitosan dapat menambah kuat tarik pada bioplastik. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan, maka kuat tarik bioplastik akan menurun. Dengan kata lain, bioplastik yang dihasilkan akan mempunyai sifat yang rapuh.

Uji tarik pada bioplastik menyebabkan perubahan pertambahan panjang pada sampel yang disebut dengan elongasi. Ketika sampel diberikan suatu gaya tarik, jarak antar molekul pada sampel akan semakin renggang sehingga sampel menjadi bertambah panjang. Pertambahan panjang permanen pada sampel terjadi apabila gaya tarik yang diberikan lebih besar dari gaya tarik molekulnya (Steven, 2001).

Pertambahan panjang pada bioplastik dinyatakan dengan presentase pemanjangan. Presentase pemanjangan merupakan perbandingan antara perubahan panjang sampel maksimum terhadap panjang sampel mula-mula dikali 100%. Nilai persen pemanjangan pada bioplastik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

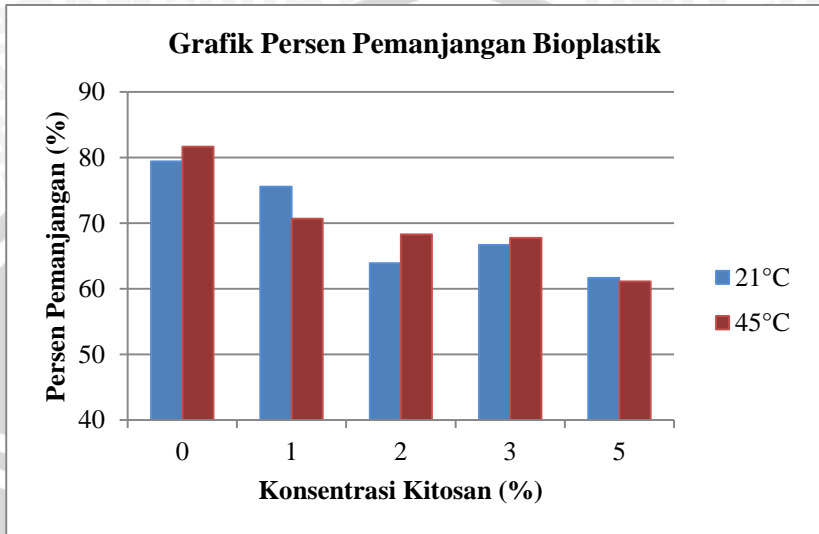
Tabel 4.2 Tabel nilai persen pemanjangan bioplastik

Konsentrasi kitosan (%)	Elongasi (%)	
	21°C	45°C
0	79,44 ± 3,59	81,67 ± 3,07
1	75,56 ± 3,91	70,67 ± 2,21
2	63,89 ± 6,17	68,33 ± 4,10
3	66,67 ± 5,37	67,78 ± 3,40
5	61,67 ± 4,10	61,11 ± 0,06

Menurut Bourtoom dan Chinnan (2008) bahwa bioplastik campuran pati-kitosan memberikan penambahan pada kuat tarik dan penurunan elongasi setelah dicampur dengan kitosan. Gambar 4.3 yang merupakan representasi dari Tabel 4.3 menunjukkan bahwa bioplastik 0% kitosan pada suhu 21°C memiliki persen pemanjangan sebesar (79,44±3,59)%. Nilai terbesar presentase pemanjangan bioplastik dengan kitosan adalah dengan penambahan kitosan 1% pada suhu 21°C yaitu (75,56±3,91)%. Namun, setelah itu presentase pemanjangan mengalami penurunan. Pada penambahan konsentrasi kitosan 2%, 3%, dan 5% yaitu (63,89±6,17)%, (66,67±5,37)%, dan (61,67±4,10)%.

Penurunan persen pemanjangan juga didapatkan pada bioplastik dengan perlakuan pemanasan pada suhu 45°C. Bioplastik 0% kitosan memiliki persen pemanjangan sebesar (81,67±3,07)%. Setelah ditambah dengan kitosan, persen pemanjangan menjadi menurun. Presentase pemanjangan pada bioplastik dengan penambahan kitosan 1% yaitu sebesar (70,67 ± 2,21)%. Namun pada penambahan kitosan 2% dan 3%, persen pemanjangan bioplastik mengalami kenaikan. Nilai persen pemanjangan bioplastik 2% dan 3% kitosan adalah (68,33 ± 4,10)% dan (67,78 ± 3,40)%. Nilai persen pemanjangan dengan penambahan kitosan 5% mengalami penurunan menjadi (61,11 ± 0,06)%. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa persen

pemanjangan bioplastik semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi kitosan.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara persen pemanjangan dan konsentrasi penambahan kitosan

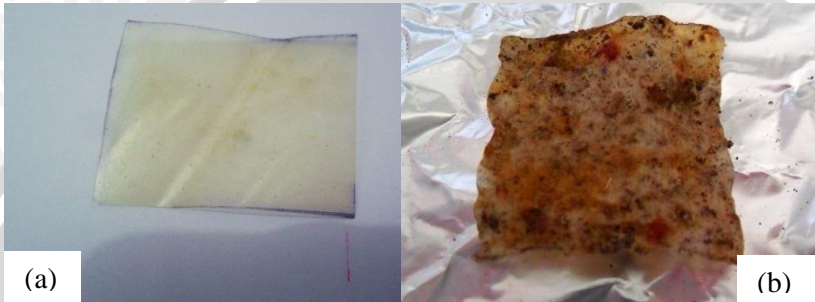
4.3 Uji Biodegradable Bioplastik

Uji biodegradable pada bioplastik dilakukan dengan penguburan sampel selama 15 hari. Pengurangan massa pada sampel menunjukkan tingkat kerusakan sampel. Nilai pengurangan massa bioplastik pada uji biodegradable dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Persen pengurangan massa bioplastik

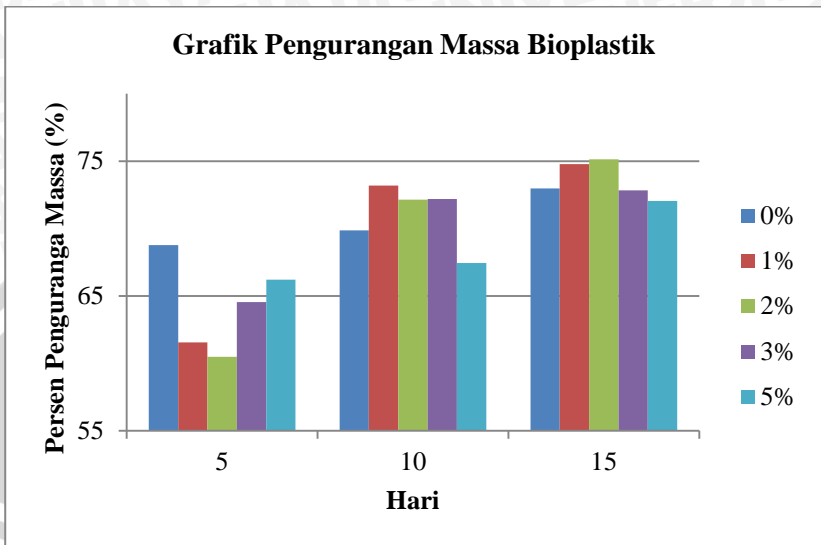
Konsentrasi Kitosan (%)	Persen pengurangan massa (%)		
	5 hari	10 hari	15 hari
0	68,78 ± 1,05	69,86 ± 1,69	72,98 ± 0,16
1	61,55 ± 1,18	73,20 ± 0,79	74,78 ± 0,28
2	60,49 ± 1,44	72,15 ± 0,18	75,13 ± 2,99
3	64,56 ± 1,43	72,18 ± 0,80	72,83 ± 0,67
5	66,22 ± 1,21	67,44 ± 1,37	72,04 ± 0,03

Pada penguburan bioplastik selama 5 hari, bioplastik sudah terdegradasi lebih dari 50%. Pengurangan massa yang besar dikarenakan komposisi bioplastik terbuat dari bahan alam yang mudah dicerna oleh mikroba seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Gambar sampel bioplastik 3% kitosan (a) sebelum dikubur dan (b) setelah penguburan selama 5 hari

Grafik pada Gambar 4.5 merupakan representasi dari Tabel 4.3 yang menunjukkan pengurangan massa pada bioplastik selama 5, 10 dan 15 hari. Pada bioplastik tanpa kitosan, penguburan selama 5 hari sudah mengalami pengurangan massa bioplastik sebesar $(68,78 \pm 1,05)\%$. Pengurangan massa yang besar dikarenakan bioplastik terbuat dari polimer alam dan tidak ada bahan pengawet pada bioplastik ini. Berbeda dengan bioplastik dengan kitosan, pada 5 hari penguburan tingkat kerusakan sedikit lebih rendah dibanding dengan bioplastik tanpa kitosan. Bioplastik dengan penambahan kitosan 1%, 2% dan 3% selama lima hari terdegradasi sebesar $(61,55 \pm 1,18)\%$, $(60,49 \pm 1,44)\%$ dan $(64,56 \pm 1,43)\%$, sedangkan bioplastik dengan penambahan kitosan 5% mengalami degradasi $(66,22 \pm 1,21)\%$. Pada 10 hari penguburan, tingkat kerusakan bioplastik naik. Bioplastik dengan penambahan kitosan 1% dan 2% terdegradasi sebesar $(73,20 \pm 0,79)\%$ dan $(72,15 \pm 0,18)\%$ serta $(72,18 \pm 0,80)\%$ dan $(67,44 \pm 1,37)\%$ untuk bioplastik penambahan 3% dan 5% kitosan.



Gambar 4.5 Grafik pengurangan massa bioplastik

Penguburan selama 15 hari sudah menunjukkan bahwa secara keseluruhan bioplastik terdegradasi hampir 75%. Aktivitas kitosan sebagai pengawet di sini tidak terlihat secara spesifik. Hal ini dikarenakan antimicrobial aktivitas kitosan dipengaruhi oleh berat molekul, derajat deasetilasi, konsentrasi dalam larutan, dan pH medium (Lim dan Hudson 2003). Selain itu menurut Cuero (1999) kitosan telah diamati untuk bertindak lebih cepat pada jamur dan ganggang dari pada bakteri namun kegiatan ini mungkin tergantung pada jenis kitosan, berat molekul, dan derajat deasetilasi, antara faktor-faktor lain yang mempengaruhi lingkungan di mana kitosan disimpan. Namun, semakin banyak kitosan yang ditambahkan pada bioplastik, tingkat kerusakan bioplastik semakin rendah dan terdegradasi lebih lama.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pemberian penambahan kitosan pada bioplastik didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Pemberian kitosan mempengaruhi sifat mekanik bioplastik yaitu bioplastik menjadi semakin rapuh. Semakin besar penambahan kitosan, maka semakin menurun nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik. Namun penambahan kitosan dapat memperbesar nilai kuat tarik pada konsentrasi kitosan kurang dari 2%.
2. Bioplastik optimum dihasilkan dengan penambahan kitosan 1% yang memiliki kuat tarik sebesar $(9,85 \pm 1,51)$ MPa dan elongasi sebesar $(75,56 \pm 3,91)\%$.
3. Pemanasan 45°C pada bioplastik mempengaruhi sifat mekanik bioplastik yaitu nilai kuat tarik menjadi lebih besar. Nilai kuat tarik bioplastik terbesar yaitu $(10,88 \pm 0,79)$ MPa pada penambahan kitosan 3%.
4. Semakin banyak kitosan yang ditambah pada bioplastik, semakin lama kerusakan pada bioplastik tersebut. Penguburan bioplastik selama 15 hari mengalami pengurangan massa sebesar $(72,04 \pm 0,03)\%$ dengan penambahan 5% kitosan.

5.2 Saran

1. Pada pencetakan bioplastik diharapkan menggunakan loyang yang benar-benar rata, supaya mendapatkan ketebalan yang homogen. Selain itu, banyaknya larutan bioplastik yang dituangkan pada setiap loyang teflon juga diperhatikan agar ketebalan semua bioplastik homogen.
2. Sebaiknya interval konsentrasi kitosan yang ditambahkan lebih kecil.
3. Pengamatan untuk ketahanan bioplastik pada kondisi ruangan terbuka juga diamati.
4. Uji biodegradable dapat dilakukan dalam waktu yang lama sampai sampel bioplastik benar-benar hancur sehingga dapat diketahui berapa lama terdegradasinya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Badriyah, Kuni. 2007. *Pengaruh Komposisi Gelatin dan Pati Ubi Kayu terhadap Sifat Mekanik dan ketahanan Kimia Bioplastik*. Laporan Skripsi Jurusan Fisika Universitas Brawijaya: Malang.
- Ban W. 2005. *Improving The Physical and Chemical Functionally of Starch-Derived Films with Biopolymers*. Journal of Applied Polymer Science. 10:118-129
- Budinski, Kenneth. 1996. *Engineering Materials Properties and Selection 5th Ed*. Prentice Hall: New Jersey.
- Bourtoom, T and Chinnan M. S. 2008. *Preparation and Properties of rice Strach-Chitosan Blend Biodegradable Film*. Journal of Food Science and Technology. 41:16-1641
- Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction 7th*. Johm Wiley & Sons, Inc: USA
- Cuero R. G. 1999. *Antimicrobial Action of Exogenous Chitosan*. EXS 87:315-33
- Dutta, P. K., S. Tripathi, and G. K. Mehrotra. 2009. *Physicochemical and Bioactivity of Cross-linked Chitosan-PVA Film for Food Packaging Applications*. Journal of Biological Macromolrcules. 45:72-76
- Darni, Yuli dan H. Utami. 2010. *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifa Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. Jurnal Rekayasa kimia dan Lingkungan. 7(4):190-195
- Firdaus, F., S. Mulyaningsih, dan H. Anshory. 2008. *Green Packgaking Berbasis Biomaterial: Karakteristik Mekanik dan Ketahanan terhadap Mikroba Pengurai Film Kemasan dari Komposit Pati Tropis-PLA-Kitosan*. Seminar Nasional Tekno (Prosiding). B27-32.
- Ghanbarzadeh, B and H. Almasi. 2013. *Biodegradable Polymers*. <http://dx.doi.org/10.5772/56230> diakses pada tanggal 3 Oktober 2013
- <http://en.wikipedia.org/wiki/gelatin>. Diakses pada tanggal 10 April 2013
- <http://id.wikipedia.org/wiki/agar-agar>. Diakses pada tanggal 10 April 2013
- <http://repository.usu.ac.id>. Diakses pada tanggal 10 April 2013
- Krochta, J. M. 1992. *Control of Mass Transfer in Foods with Edible Coatings and Films*. In:R.Paul Singh and M. A.

- Wirakartakusumah (eds). *Advances in Food Engineering*. CRC press. 517-538
- Lim S. and S. M. Hudson. 2003. *Review of Chitosan and Its Derivatives as Antimicrobial Agents and Their Uses as Textile Chemicals*. *Journal of Macromolecuar Sci C*. 43(2):223-69
- Musthofa, M. H. 2011. *Uji Coba Bahan Kantong Bioplastik dan Onggok Tapioka dengan Gliserol sebagai Plastisizer*. Laporan Skripsi Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya: Malang.
- Nadarajah, Kandasamy. 2005. *Development and Characterization of Antimicrobial Edible Films from Crawfish Chitosan*. Dissertatation in Department of Food Science University of Paradeniya.
- Nurmalia, Elys. 2008. *Pengaruh Komposisi Pemlastis gliserol dan Sorbitol Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Kimia Bioplastik*. Laporan Skripsi Jurusan Fisika Universitas Brawijaya: Malang.
- Nurmimah, Mimi. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas*. USU digital library.
- Nwokocha, L. M., N. A. Aviara, C. Senan and P. A. Williams. 2009. *A Comparative Sudy of Some Properties of Cassava (Manihot esculenta, Crantz) and Cocoyam (Colocasia esculenta, Linn) Starches*. *Journal of Carbohydrate polymers*. 76:362-367
- Purwanti, Ani. 2010. *Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik kitosan Terplastisasi Sorbitol*. *Jurnal Teknologi*. 3(2):99-106
- Rahardiyanto, T. P. dan R. Agustini. 2013. *Pengaruh Massa Gliserol Terhadap Titik Leleh Plastik Biodegradable dari pati ubi Kayu*. *UNESA Journal of Chemistry*. 2:109-113
- Sanjaya I. G. dan T. Puspita. 2011. *Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong*. Jurusan Teknik Kimia-ITS
- Steven, M. P. 2001. *Polimer Chemistry An Introduction*. Diterjemahkan oleh: Dr. Ir. Iis Sopyan, M.Eng. Pradina Paramita: Jakarta.
- Stevens, E. S. 2002. *Green Plastics An Introduction To The New Science of Biodegradable Plastics*. Princeton University Press: New York.

Utomo, A. W., B. D. Argo, dan M. B. Hermanto. 2013. *Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisikokimiawi Plastik biodegradable dari Komposit Lidah Buaya (Aloe Vera)-Kitosan*. Jurnal Bioproses Komoditas Tropis. 1:73-79

Viorica, N. S., M. Olteanu, M. F. Spirioiu, E. Pincu and V. Meltzer. 2011. *Strach/Chitosan Film Forming Hydrogel*. *Revue Romaine de Chimie*. 56(8):827-832.

Zhong, Q. P. and W. S. Xia. 2008. *Physicochemical Properties of Edible and Preservative Films from Chitosan/Cassava Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol*. *J. Food Technol. Biotechnol*. 46(3):262-269



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil uji tarik pada suhu ruang dan suhu 45°C

Bahan pengawet	Konsentrasi	Suhu Ruang 21°C				Suhu 45°C			
		Tebal (µm)	Luas (mm ²)	ΔL (mm)	Fmax (N)	Tebal (µm)	Luas (m ²)	ΔL (mm)	Fmax (N)
Kitosan	0	107,3	0,537	2	4	87,0	0,435	2,2	3,49
		103,5	0,517	2,8	4,46	101,1	0,501	2,5	5,46
		94,0	0,470	2,3	3,71	110,0	0,553	2,4	5,24
		101,4	0,507	2,4	4,32	70,0	0,339	1,9	3,26
		103,4	0,517	2,3	3,78	86,5	0,429	2,5	5,16
		103,7	0,518	2,5	4,47	87,2	0,447	2,2	5,54
	1%	94,8	0,474	2,2	4,64	80,5	0,402	2,3	4,02
		84,1	0,420	2,3	3,94	107,5	0,538	1,7	4,49
		71,3	0,357	2,3	3,58	112,7	0,563	1,9	5,57
		92,5	0,462	2,7	5,16	103,0	0,515	2,2	5,09
		108,7	0,543	2,3	5,8	86,5	0,432	2,1	4,09
		79,3	0,396	1,8	3,2	100,0	0,500	2,1	5,18
	2%	125,0	0,625	1,7	5,14	105,3	0,527	2	5,41
		108,3	0,542	2,2	5,2	135,0	0,675	2	7,68
		90,0	0,450	1,3	2,66	92,9	0,465	1,5	5,09

Bahan pengawet	Konsentrasi	Suhu Ruang 21°C				Suhu 45°C			
		Tebal (µm)	Luas (mm ²)	ΔL (mm)	Fmax (N)	Tebal (µm)	Luas (m ²)	ΔL (mm)	Fmax (N)
Kitosan	2%	118,3	0,592	1,6	5,75	111,7	0,558	2,4	5,16
		108,0	0,540	2,5	6,01	106,3	0,532	2,1	5,05
		72,5	0,362	2,2	4,09	144,0	0,720	2,1	7,73
	3%	136,0	0,680	2,4	6,39	120,7	0,603	2,1	6,57
		90,7	0,454	2	4	122,7	0,613	1,9	6,14
		73,1	0,365	1,4	2,16	108,0	0,540	2,2	6,07
		135,7	0,678	2,1	6,26	128,3	0,642	1,7	6,03
		121,0	0,605	1,7	4,11	121,3	0,607	2,4	7,71
		141,3	0,707	2,4	6,14	107,3	0,537	1,9	5,92
	5%	104,3	0,522	1,5	4,01	110,7	0,553	2,2	4,8
		88,4	0,442	1,9	3,23	107,3	0,537	1,6	4,92
		128,0	0,640	2,2	5,91	99,1	0,496	2,1	5,23
		139,3	0,697	1,7	5,4	110,3	0,552	1,9	5,41
		135,0	0,675	1,6	5,1	104,7	0,523	1,7	5,1
		124,0	0,620	2,2	5,61	102,3	0,512	1,5	4,25

Perhitungan luas penampang sampel

$$A = d \times 0,5 \text{ cm}$$

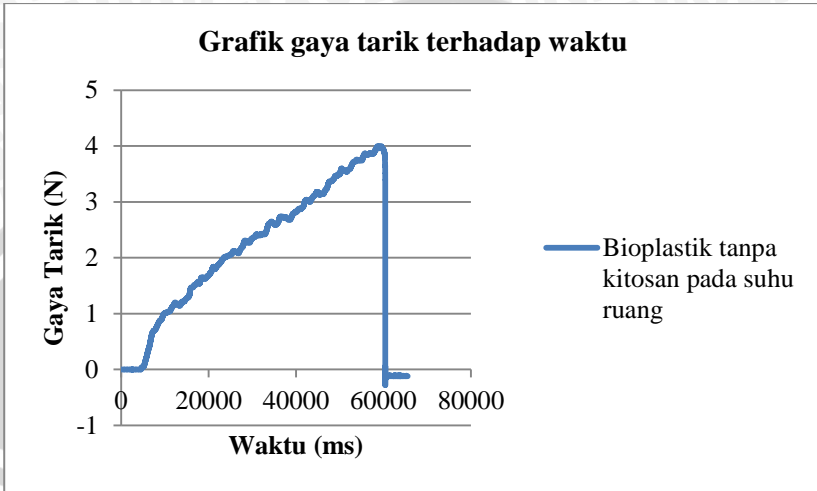
dengan d = ketebalan sampel bioplastik

Lampiran 2. Data uji biodegradable bioplastik

Konsentrasi kitosan (%)	Hari ke-	Mo (gram)	Mt (gram)
0	5	0,111	0,033
		0,107	0,035
	10	0,124	0,0346
		0,129	0,0442
		0,131	0,037
	15	0,131	0,0352
		0,158	0,0433
		0,155	0,0415
	1	5	0,196
0,201			0,074
0,207			0,077
10		0,216	0,0617
		0,216	0,0545
		0,218	0,058
15		0,225	0,0558
		0,245	0,0611
		0,259	0,0671
2	5	0,196	0,072
		0,2	0,078
		0,201	0,086
	10	0,205	0,0567
		0,211	0,0582
		0,211	0,0597
	15	0,215	0,0378
		0,218	0,0634
		0,22	0,0615

Konsentrasi Kitosan (%)	Hari ke-	Mo (gram)	Mt (gram)
3	5	0,121	0,047
		0,124	0,041
		0,125	0,043
	10	0,13	0,0385
		0,134	0,037
		0,135	0,0354
	15	0,135	0,0388
		0,146	0,0379
		0,151	0,0405
5	5	0,123	0,038
		0,13	0,045
		0,148	0,053
	10	0,148	0,0531
		0,166	0,0505
		0,166	0,0521
	15	0,177	0,0494
		0,183	0,0513
		0,184	0,0514

Lampiran 3. Grafik uji tarik bioplastik terhadap waktu



Gambar L.3.1 Grafik bioplastik tanpa kitosan pada suhu ruang dengan ketebalan 107,3 μm dan gaya tarik maksimal 4 N.

Lampiran 4. Pengelohan data hasil uji tarik

Perhitungan kuat tarik

$$\text{kuat tarik } (\sigma) = \frac{F_{max}}{A}$$

Dimana F_{max} = gaya maksimum yang dapat diterima sampel (N)

A = luas penampang sampel

Pengukuran ralat yang digunakan adalah pengukuran berulang (variable ralat ditentukan dari deviasi standart rata-rata) dan menggunakan teori ralat tidak langsung. Untuk menghitung nilai ralat digunakan rumus

$$\Delta\sigma = \left| \frac{\partial\sigma}{\partial\bar{F}_{max}} \right| |\Delta\bar{F}_{max}| + \left| \frac{\partial\sigma}{\partial\bar{A}} \right| |\Delta\bar{A}|$$

Nilai $\Delta\bar{F}_{max}$ didapatkan dari rumus

$$\Delta\bar{F}_{max} = \sqrt{\frac{\sum(F_{max} - \bar{F}_{max})^2}{n(n-1)}}$$

Nilai $\Delta\bar{A}$ didapatkan dari rumus

$$\Delta\bar{A} = \sqrt{\frac{\sum(A - \bar{A})^2}{n(n-1)}}$$

Penulisan hasil perhitungan kuat tarik : $\sigma = \bar{\sigma} \pm \Delta\sigma$

Tabel L.4.1 Hasil kuat tarik bioplastik pada suhu ruang 21°C

Kitosan	σ (MPa)						$\bar{\sigma}$ (MPa)	$\Delta\sigma$ (MPa)
	1	2	3	4	5	6		
0	7,45	8,62	7,9	8,51	7,31	8,62	8,07	0,41
1	9,78	9,37	10,42	11,16	10,67	8,07	9,85	1,51
2	8,22	9,60	5,9	9,72	11,13	11,29	9,31	1,69
3	9,39	8,82	5,91	9,23	6,79	8,69	8,14	1,97
5	7,69	7,31	9,23	7,75	7,55	9,05	8,09	1,24

Tabel L.4.2 Hasil kuat tarik bioplastik dengan pemanasan suhu 45°C

Kitosan	Kuat Tarik (MPa)						σ (MPa)	δ (MPa)
	1	2	3	4	5	6		
0	8,02	10,91	9,45	9,61	12,04	12,41	10,41	1,62
1	9,99	8,35	9,88	9,88	9,46	10,36	9,65	1,24
2	10,27	11,38	10,95	9,24	9,49	10,74	10,34	1,63
3	10,89	10,01	11,24	9,39	12,71	11,03	10,88	0,79
5	8,67	9,17	10,55	9,81	9,74	8,31	9,38	0,48



Lampiran 5. Pengolahan data elongasi

Elongasi atau regangan maksimum didapatkan dari hasil uji kuat tarik

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

Dimana : L = panjang sampel sebelum putus saat dikenai gaya tarik

L_0 = panjang mula-mula sampel

Teori ralat sampel mula-mula yang digunakan adalah teori ralat tidak langsung menggunakan persamaan diferensial data berulang.

$$\Delta \varepsilon = \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial \Delta \bar{L}} \right| |\Delta \bar{L}| + \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial \bar{L}_0} \right| |\Delta \bar{L}_0|$$

Nilai $\Delta \bar{L}$ dan $\Delta \bar{L}_0$ didapatkan dengan rumus

$$\Delta \bar{L} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta L - \Delta \bar{L})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta \bar{L}_0 = \sqrt{\frac{\sum (L_0 - \bar{L}_0)^2}{n(n-1)}}$$

Penulisan laporan hasil perhitungan adalah $\varepsilon = \bar{\varepsilon} \pm \Delta \varepsilon$

Tabel L.5. 1 Hasil elongasi bioplastik pada suhu ruang 21°C

Kitosan	Elongasi(%)						ε (%)	$\delta \varepsilon$ (%)
	1	2	3	4	5	6		
0	66,67	93,33	76,67	80,00	76,67	83,33	79,44	3,59
1	73,33	76,67	76,67	90,00	76,67	60	75,56	3,91
2	56,67	73,33	43,33	53,33	83,33	73,33	63,89	6,17
3	80,00	66,67	46,67	70,00	56,67	80,00	66,67	5,37
5	50,00	63,33	73,33	56,67	53,33	73,33	61,67	4,10

Tabel L.5. 2 Hasil elongasi bioplastik pada perlakuan suhu 45°C

Kitosan	Elongasi(%)						ϵ (%)	$\delta\epsilon$ (%)
	1	2	3	4	5	6		
0	76,67	90,00	86,67	70,00	86,67	80,00	81,67	3,07
1	76,67	56,67	63,33	73,33	70,00	70,00	68,33	2,21
2	66,67	50,00	80,00	70,00	70,00	73,33	68,33	4,10
3	70,00	63,33	73,33	56,67	80,00	63,33	67,78	3,40
5	73,33	53,33	70,00	63,33	56,67	50,00	61,11	0,06



Lampiran 6. Pengolahan data uji biodegradable

Persen pengurangan massa didapatkan dari penguburan sampel di tanah

$$\% m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

dimana m_0 = massa awal sampel sebelum dikubur dalam tanah

m_1 = massa akhir sampel setelah dikubur dalam tanah

Teori ralat yang digunakan untuk mencari nilai ralat pengurangan massa adalah teori ralat langsung

$$\Delta \%m = \sqrt{\frac{m_1 - \bar{m}_1}{n(n-1)}}$$

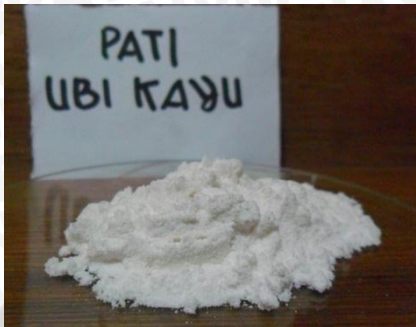
Penulisan nilai massa pada laporan $\%m = \% \bar{m} \pm \Delta \%m$



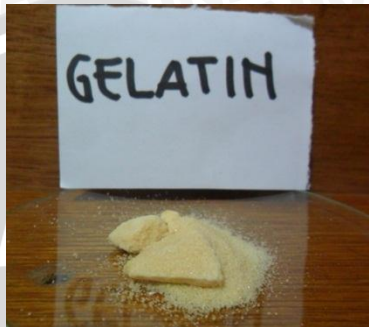
Tabel L.6.1 Hasil uji biodegradable bioplastik

Konsentrasi	Hari	%m (g)	Δ (g)	kr
0	5	68,78	1,05	1,53
	10	69,86	2,07	2,96
	15	72,98	0,20	0,27
1	5	61,55	1,44	2,35
	10	73,20	0,97	1,32
	15	74,78	1,77	2,36
2	5	60,49	0,23	0,37
	10	72,15	0,23	0,31
	15	75,13	3,66	4,87
3	5	64,56	1,75	2,71
	10	72,18	0,98	1,36
	15	72,83	0,82	1,13
5	5	66,23	1,48	2,24
	10	67,44	1,68	2,49
	15	72,04	0,04	0,05

Lampiran 7. Foto bahan-bahan bioplastik



Gambar L.7. 1 Pati ubi kayu



Gambar L.7. 2 Gelatin



Gambar L.7. 3 Agar-agar



Gambar L.7. 4 Sorbitol



Gambar L.7. 5 Kitosan



Gambar L.7. 6 Asam Asetat



Gambar L.7. 7 Gliserol



Lampiran 8. Foto alat-alat penelitian



Gambar L.8. 1 Gelas ukur



Gambar L.8. 2 Loyang Teflon



Gambar L.8. 3 Alat uji tarik



Gambar L.8. 4 *Coating thickness gauge*



Gambar L.8.5 Heat magnetic stirrer



Gambar L.8. 6 Termometer