



**PENGARUH KOMPOSISI PATI BIJI ALPUKAT-
KITOSAN DAN PENAMBAHAN GLISEROL TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRADASI BIOPLASTIK**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains Program Studi Kimia

oleh

Mohammad Agung Riswanto

4311412057

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

JURUSAN KIMIA

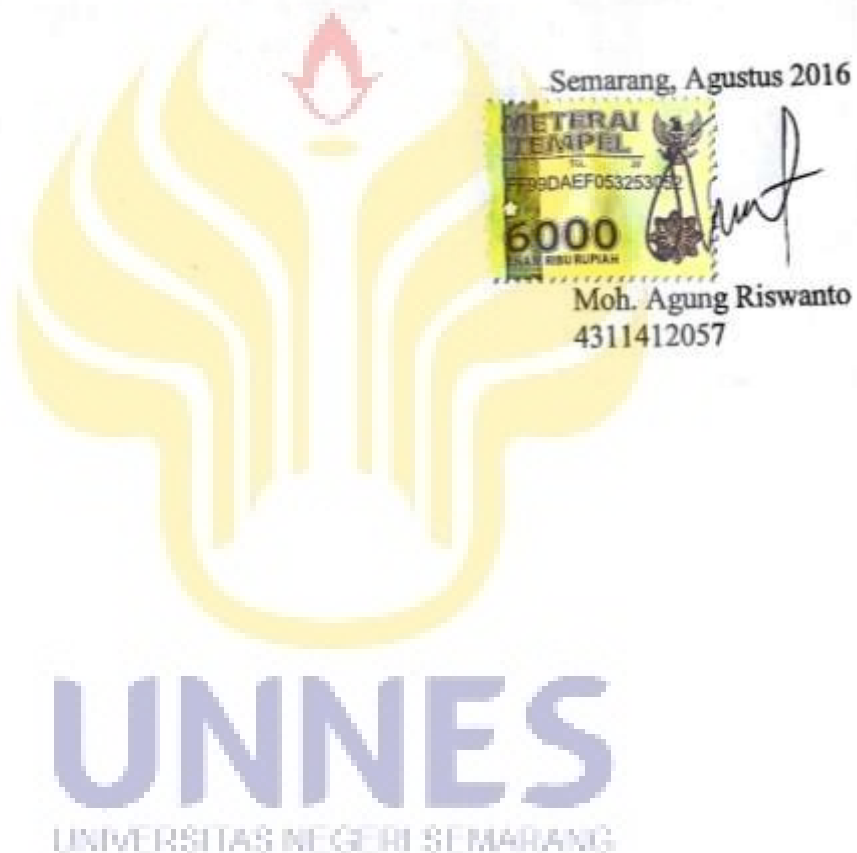
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiarisme dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.



PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

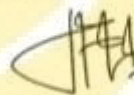
Semarang, Agustus 2016

Pembimbing I



Harjono, S.Pd, M.Si
197711162005011001

Pembimbing II



Dr. Triastuti Sulistyaningsih, M.Si
197704112005012014



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Pengaruh Komposisi Pati Biji Alpukat-Kitosan dan Penambahan Gliserol
Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Bioplastik

disusun oleh

Mohammad Agung Riswanto

4311412057

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada
tanggal 18 Agustus 2016.



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt

196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayati, M.Si

196910231996032002

Ketua Penguji

Samuel Budi Wardana K., S.Si, M.Sc

198204182006041002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Anggota Penguji/

Pembimbing I

Harjono, S.Pd, M.Si

197711162005011001

Anggota Penguji/

Pembimbing II

Dr. Triastuti Sulistyaningsih, M.Si

197704112005012014

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Sesungguhnya sesudah kesulitan akan datang kemudahan (Q.S Al-Insyiroh).
2. Gantungkan cita-cita mu setinggi langit. Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang (Bung Karno).
3. Barang siapa yang bersungguh-sungguh maka ia akan berhasil.

Persembahan :

1. Bapak Sutrisno dan Ibu Toisah tercinta.
2. Kakak Siti Khasanah dan Rabun Saputra.
3. Keluarga dan Saudara-saudaraku tercinta.



PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Pengaruh Komposisi Pati Biji Alpukat-Kitosan dan Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Bioplastik* sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia. Skripsi ini menyajikan tentang *rasio pati biji alpukat - kitosan dan penambahan gliserol yang optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik*.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan motivasi, baik dalam penelitian maupun penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, Se., M.Si., Akt selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Dr. Nanik Wijayati, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia.
4. Harjono, S.Pd, M.Si dan Dr. Triastuti Sulistyaningsih, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
5. Segenap Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmunya.

6. Segenap Karyawan dan Staff Laboratorium Kimia yang telah memberikan dukungan dan perijinan dalam melakukan penelitian.
7. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan motivasi kepada penulis.
8. Kakak dan segenap keluarga yang memberikan semangat di rumah.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, baik dalam penulisan maupun penyusunan bahasa. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik kepada para pembaca untuk menyempurnakan skripsi yang dibuat agar lebih baik lagi.



Semarang, Agustus 2016

Penulis

ABSTRAK

Riswanto, Mohammad Agung. 2016. Pengaruh Komposisi Pati Biji Alpukat-Kitosan dan Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Bioplastik. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing : Harjono S.Pd, M.Si dan Dr. Triastuti Sulistyarningsih, M.Si.

Kata kunci : pati, kitosan, gliserol, bioplastik

Bioplastik merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh plastik sintetik yang sulit terurai di dalam tanah. Biji alpukat merupakan limbah yang jarang dimanfaatkan. Kandungan pati dalam biji alpukat dapat digunakan untuk membuat plastik yang ramah lingkungan. Bioplastik berbahan dasar pati biji alpukat, kitosan dan gliserol berhasil disintesis. Kitosan sebagai matriks dan gliserol sebagai *plasticizer* berguna untuk meningkatkan interaksi antar rantai bioplastik sehingga dihasilkan sifat mekanik yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui rasio optimal dari pati biji alpukat-kitosan dan penambahan gliserol terhadap sifat mekanik (kuat tarik, elongasi, dan elastisitas), daya serap air (*water uptake*) dan biodegradasi. Penelitian yang dilakukan terdiri dari ekstraksi pati dari biji alpukat beserta karakterisasinya, pembuatan bioplastik, uji mekanik, uji daya serap air, uji biodegradasi dan karakterisasi bioplastik yang meliputi uji *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio pati biji alpukat : kitosan (4:4) menghasilkan bioplastik terbaik dengan nilai kuat tarik 27,000 MPa, elastisitas 6,250 MPa, elongasi 4,320 %, daya serap air 23,090 % dengan lama waktu terdegradasi 40 hari. Pada variasi penambahan gliserol didapatkan hasil bioplastik terbaik pada penambahan gliserol 4 ml dengan nilai kuat tarik sebesar 19,300 MPa, elastisitas 2,090 MPa, elongasi 9,220 %, daya serap air 41,753 % dengan waktu terdegradasi selama 35 hari. Hasil karakterisasi yang diuji dengan FT-IR menunjukkan bahwa terjadi ikat silang (ikatan hidrogen) dengan adanya pergeseran bilangan gelombang dan gugus fungsi baru. Analisis morfologi bioplastik yang diuji dengan SEM menunjukkan masih terjadinya aglomerasi dan pori (lubang) pada penambahan gliserol yang melewati batas.

ABSTRACT

Riswanto, Mohammad Agung. 2016. Influence Composition of Starch Avocado Seeds-Chitosan and Glycerol Addition To The Mechanical Properties and Biodegradation Bioplastics. Final project, Chemistry Departement, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Supervisor: Harjono S.Pd, M.Si and Dr. Triastuti Sulistyarningsih, M.Si.

Keywords: starch, chitosan, glycerol, bioplastics

Bioplastic is one of the solution to solve enviromental's problems which's caused by synthetic plastic that can't degradation in the soil. Avocado seed is a rubbish which's rarely used. Starch's content of avocado seed can be used to make environmentally friendly plastic. Bioplastic composed by starch of avocado seed, chitosan and glycerol has been done successfully. Chitosan as a matrix and glycerol as a plasticizer is useful to increase the interaction between the chain of bioplastics so it's produced better mechanical properties. The purpose of this study is to determine the optimal ratio of starch avocado seed-chitosan and the glycerol addition based on the mechanical properties (tensile strength, elongation, and elasticity), water absorption (water uptake) and biodegradation. This research consist of starch's extraction from avocado seed with the characterizations, synthesis of bioplastics, mechanical test, water absorption test, biodegradation test and characterization of bioplastics which include *Fourier Transform InfraRed* (FT-IR) and *Scanning Electron Microscopy* (SEM) test. The results showed that the ratio of starch avocado seed : chitosan (4:4) produce the best bioplastics with a value of tensile strength 27.000 MPa, elasticity 6.250 MPa, elongation 4.320 %, water absorption 23.090 % with long time degradation 40 days. At variation of glycerol obtained the best bioplastic at glycerol addition of 4 ml with values tensile strength 19.300 MPa, elasticity 2.090 MPa, elongation 9.220 %, water absorption 41.753 % with long time degradation for 35 days. The results characterization were tested by FT-IR showed that happen crosslink (hydrogen bonding) with the shift wave number and new functional groups. Analysis morphology bioplastic with SEM shows still the agglomeration and pores (holes) on the addition of glycerol over the limit.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biji alpukat	6
2.2 Pati	8
2.3 Kitosan	10

2.4 Gliserol.....	12
2.5 Bioplastik.....	14
2.6 Sifat mekanik bioplastik.....	14
2.6.1 <i>Tensile-Strength</i> /Kuat Tarik (MPa).....	14
2.6.2 Pemanjangan/Elongasi (%)	15
2.6.3 Elastisitas (<i>modulus young</i>)	15
2.7 Daya serap air (<i>water uptake</i>)	16
2.8 Biodegradasi.....	16
2.9 Karakterisasi bioplastik	18
2.9.1 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	18
2.9.2 SEM (<i>Scanning Electron Miocrosopy</i>).....	19
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Lokasi penelitian	21
3.2 Variabel penelitian	21
3.2.1 Variabel Bebas	21
3.2.2 Variabel Terikat	21
3.2.3 Variabel Kontrol	22
3.3 Alat dan bahan.....	22
3.3.1 Alat	22
3.3.2 Bahan.....	23
3.4 Prosedur kerja.....	23
3.4.1 Ekstraksi pati dari biji alpukat.....	23
3.4.2 Pembuatan bioplastik	24
3.4.3 Uji ketebalan	25
3.4.4 Uji mekanik	25
3.4.5 Uji daya serap air.....	25
3.4.6 Uji biodegradasi	26
3.4.7 Karakterisasi bioplastik.....	26
3.4.7.1 Uji FT-IR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>)	26

3.4.7.2 Analisis Morfologi dengan SEM (<i>Scanning Elektron</i> <i>Microscope</i>).....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Ekstraksi pati dari biji alpukat.....	28
4.2 Pembuatan bioplastik	34
4.3 Optimasi rasio pati-kitosan.....	36
4.3.1 Hasil uji ketebalan.....	37
4.3.2 Hasil uji mekanik	38
4.3.3 Hasil uji daya serap air (<i>water uptake</i>).....	42
4.3.4 Hasil uji biodegradasi.....	44
4.4 Optimasi penambahan gliserol	46
4.4.1 Hasil uji ketebalan.....	47
4.4.2 Hasil uji mekanik	48
4.4.3 Hasil uji daya serap air (<i>water uptake</i>)	52
4.4.4 Hasil uji biodegradasi.....	53
4.5 Karakterisasi bioplastik.....	55
4.5.1 Hasil uji FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)....	56
4.5.2 Hasil analisis morfologi dengan SEM (<i>Scanning Elektron</i> <i>Microscope</i>).....	58
BAB 5. PENUTUP	60
5.1 Simpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia pati biji alpukat	7
Tabel 4.1 komposisi kimia pati biji alpukat hasil karakterisasi.....	31
Tabel 4.2 Standar mutu tepung tapioka.....	33
Tabel 4.3 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap karakteristik bioplastik.....	36
Tabel 4.4 Pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur amilosa dan amilopektin	10
Gambar 2.2 Struktur kitosan	11
Gambar 2.3 Struktur gliserol.....	13
Gambar 2.4 Prinsip kerja SEM	19
Gambar 4.1 Hasil ekstraksi pati biji alpukat	29
Gambar 4.2 Reaksi pencoklatan secara enzimatik pada biji alpukat	30
Gambar 4.3 Preparasi pembuatan bioplastik.....	35
Gambar 4.4 Hasil sintesis bioplastik.....	35
Gambar 4.5 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap ketebalan bioplastik	37
Gambar 4.6 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap kuat tarik bioplastik.....	38
Gambar 4.7 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap elongasi bioplastik	40
Gambar 4.8 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap elastisitas bioplastik	41
Gambar 4.9 Pengaruh rasio pati : kitosan terhadap daya serap air bioplastik.....	42
Gambar 4.10 Uji biodegradasi bioplastik hasil sintesis pada rasio pati : kitosan.....	45
Gambar 4.11 Pengaruh penambahan gliserol terhadap ketebalan bioplastik.....	47
Gambar 4.12 Pengaruh penambahan gliserol terhadap kuat tarik bioplastik.....	49
Gambar 4.13 Pengaruh penambahan gliserol terhadap elongasi bioplastik.....	50
Gambar 4.14 Pengaruh penambahan gliserol terhadap elastisitas bioplastik	51

Gambar 4.15 Pengaruh penambahan gliserol terhadap daya serap air bioplastik.....	52
Gambar 4.16 Uji biodegradasi bioplastik hasil sintesis pada penambahan gliserol	54
Gambar 4.17 Spektra FT-IR.....	56
Gambar 4.18 Analisis morfologi bioplastik dengan SEM	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir penelitian	67
Lampiran 2. Karakterisasi pati	70
Lampiran 3. Perhitungan pembuatan larutan	74
Lampiran 4. Data analisis kitosan	76
Lampiran 5. Data hasil analisis kadar air	77
Lampiran 6. Data hasil analisis kadar pati	78
Lampiran 7. Data hasil analisis kadar amilosa dan abu	80
Lampiran 8. Data hasil uji ketebalan bioplastik	81
Lampiran 9. Data hasil uji mekanik bioplastik	82
Lampiran 10. Data hasil uji daya serap air bioplastik	88
Lampiran 11. Data hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR	92
Lampiran 12. Dokumentasi penelitian	97



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan modern sekarang ini, manusia tidak bisa lepas dari penggunaan plastik, mulai dari pemenuhan kebutuhan primer seperti bahan alat makan, pembungkus makanan, hingga kebutuhan tersier lainnya. Plastik dipilih oleh masyarakat karena mempunyai beberapa keunggulan, antara lain sifatnya yang fleksibel, ringan dan mudah untuk dibawa. Meski demikian, plastik mempunyai dampak negatif bagi kehidupan manusia, salah satu dampak negatifnya adalah sulit terurai di dalam tanah. Karena sulit terurai di dalam tanah, sampah plastik akan menumpuk di pembuangan akhir yang dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Pembakaran plastik juga akan menimbulkan zat-zat berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Sahwan *et al.*, 2005).

Produksi plastik di seluruh dunia mencapai 200 juta ton per tahunnya. Jumlah ini akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk di dunia. Plastik merupakan sumber utama pembentukan limbah karena memiliki kemampuan degradasi yang rendah (Rhim, 2007).

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global yang harus diatasi, hal ini karena plastik merupakan bahan yang terbuat dari minyak bumi berbasis polimer sintetik yang dapat mencemari lingkungan (Chevillar, 2011). Akibat semakin banyaknya masyarakat yang menggunakan plastik, maka akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah. Oleh

karena itu diperlukan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan ini, salah satunya adalah dengan mengembangkan bahan plastik *biodegradable*, artinya plastik ini dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan (Averous, 2004).

Plastik *biodegradable* memiliki kegunaan yang sama dengan plastik sintetik atau plastik konvensional. Plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan karena sifatnya yang dapat terurai di alam. Umumnya, kemasan *biodegradable* diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Plastik *biodegradable* biasanya disebut bioplastik, yaitu plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui (Coniwanti *et al.*, 2014).

Penggunaan bahan dasar pembuatan plastik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme saat ini terus dikembangkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah-sampah non organik, terutama sampah plastik. Beberapa bahan yang dapat digunakan adalah pati, selulosa, kitin dan kitosan. Keuntungan dari bahan tersebut karena keberadaannya yang melimpah di alam dan terbarukan bila dibandingkan dengan plastik berbahan dasar polimer sintetik (Jummi, 2007).

Pati merupakan salah satu polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioplastik. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *biodegradable* film untuk menggantikan polimer sintetik dengan alasan ekonomis, dapat diperbaharui, mudah didapat, keberadaannya melimpah dan memberikan karakteristik fisik yang cukup baik (Bourtoom, 2007).

Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah pati dari limbah biji alpukat. Menurut Winarti & Purnomo (2006) kandungan pati pada biji buah alpukat sekitar 80,100 %. Jumlah ini hampir sama dengan umbi-umbian yang sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik, seperti singkong dan ubi jalar. Akan tetapi, umbi-umbian mempunyai manfaat lain diantaranya sebagai bahan pengolahan makanan sehingga kurang efisien karena nilai ekonomisnya lebih tinggi bila digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Penggunaan limbah biji alpukat sebagai bahan pembuatan bioplastik karena pemanfaatannya yang belum maksimal dan jumlahnya cukup melimpah yang dapat diperoleh dari produsen buah alpukat, penjual jus alpukat dan lain-lain.

Untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik berbasis pati bahan alam, dilakukan penambahan kitosan karena dapat membentuk ikatan hidrogen antarrantai dengan amilosa dan amilopektin dalam pati. Kitosan mempunyai gugus fungsi amin, gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen sehingga kitosan merupakan bahan pencampur yang ideal. Kitosan merupakan turunan kitin, polisakarida terbanyak kedua setelah selulosa, bersifat hidrofil serta dapat membentuk membran dengan baik (Dallan *et al.*, 2006).

Bioplastik berbahan dasar pati-kitosan memiliki kekurangan, yaitu elastisitas yang rendah. Untuk memperbaiki sifat mekaniknya, dilakukan penambahan *plasticizer* karena dapat meningkatkan elastisitas untuk

memperlemah kekakuan dari polimer. Salah satu jenis *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol. *Plasticizer* gliserol digunakan karena ramah lingkungan, bersifat non-toksik dan dapat menghambat penguapan air pada produk. Gliserol juga memiliki kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler yang membuat bioplastik bersifat elastis (Darni & utami, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah rasio pati biji alpukat : kitosan yang optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik?
2. Berapakah penambahan *plasticizer* gliserol yang optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik?
3. Bagaimana karakteristik bioplastik hasil sintesis yang diuji dengan FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui rasio pati biji alpukat : kitosan optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik.
2. Mengetahui penambahan *plasticizer* gliserol optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik.

3. Mengetahui karakteristik bioplastik hasil sintesis yang diuji dengan FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

1.4 Manfaat

Setelah melaksanakan penelitian ini diharapkan :

1. Dapat dijadikan sebagai salah satu plastik alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti plastik sintetik.
2. Meningkatkan nilai ekonomi biji alpukat karena pemanfaatannya yang belum maksimal.
3. Menjadi dasar penelitian selanjutnya untuk dikembangkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biji Alpukat

Tanaman alpukat (*Persea americana*, Mill) merupakan tanaman yang berasal dari daratan tinggi Amerika Tengah dan memiliki banyak varietas yang tersebar di seluruh dunia. Alpukat secara umum terbagi atas tiga tipe: tipe *West Indian*, tipe *Guatemalan*, dan tipe *Mexican*. Daging buah berwarna hijau di bagian bawah kulit dan menguning ke arah biji. Warna kulit buah bervariasi, warna hijau karena kandungan klorofil atau hitam karena pigmen antosiasin (Lopez, 2002).

Menurut Sunarjono (1998), alpukat termasuk tanaman hutan yang tingginya mencapai 20 meter. Bentuk pohonnya seperti kubah sehingga dari jauh tampak menarik. Pohonnya berkayu, umumnya tidak bercabang dan arahnya horizontal. Bunga alpukat keluar pada ujung cabang atau ranting dalam tangkai panjang. Warna bunga putih dan setiap bunga akan mekar sebanyak dua kali. Indonesia telah mengintroduksi 20 varietas alpukat dari Amerika Tengah dan Amerika Serikat untuk memperoleh varietas-varietas unggul guna meningkatkan kesehatan dan gizi masyarakat, khususnya di daerah dataran tinggi. Pohon alpukat tidak dapat tumbuh di suhu yang dingin, sehingga hanya bisa tumbuh pada iklim tropis dan subtropis.

Biji alpukat tergolong cukup besar, terdiri dari dua keping (*cotyledon*) dan dilapisi oleh kulit biji yang tipis. Biji tersusun oleh jaringan *parenchyma* yang mengandung sel-sel minyak dan butir tepung sebagai bahan cadangan makanan

(Kalie, 1997). Menurut hasil analisis Alshendra *et al.* (2007), biji alpukat memiliki



kandungan air 12,670 %, kadar abu 2,780 %, dan kandungan mineral 0,540 % lebih tinggi dari biji buah lainnya. Biji alpukat kaya akan sumber campuran kompleks senyawa polifenolik dari yang sederhana katekin dan epikatekin dengan zat polimerik terbesar.

Biji alpukat merupakan tempat penyimpanan cadangan makanan bagi tanaman alpukat, selain buah, batang, dan akar. Karbohidrat merupakan penyusun utama cadangan makanan alpukat. Pati adalah polimer D-glukosa dan ditemukan sebagai karbohidrat simpanan dalam tumbuhan. Pati terdapat sebagai butiran kecil dengan berbagai ukuran dan bentuk yang khas untuk setiap spesies tumbuhan. Pati terdiri atas dua polimer yang berlainan, senyawa rantai lurus, amilosa, dan komponen yang bercabang, amilopektin (Deman, 1997). Komposisi kimia dari pati biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Pati Biji Alpukat

Komponen	Jumlah (%)	Komponen	Jumlah (%)
Kadar air	10,200	Lemak	tn
Kadar pati	80,100	Serat kasar	1,210
- Amilosa	43,300	Warna	Putih coklat
- Amilopektin	36,710	Kehalusan	Halus
Protein	tn	granula	21,300
		Kehalusan pati	

Amilosa+amilopektin = pati ; tn = tidak dianalisa

(Winarti & Purnomo, 2006)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan biji alpukat adalah dengan mengekstrak pati dari dalam biji. Masalah utama dalam ekstraksi

pati biji alpukat adalah apabila biji alpukat dihancurkan, maka akan menghasilkan warna coklat sehingga pati yang dihasilkan juga coklat. Untuk menghasilkan pati biji alpukat dengan warna putih, diperlukan perlakuan khusus pada pengolahan pati biji alpukat dengan cara perendaman di dalam larutan natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) agar diperoleh pati biji alpukat dengan mutu yang baik. Sulfit digunakan dalam bentuk gas SO_2 , garam Na atau K-sulfit, bisulfit dan metabisulfit. Bentuk efektifnya sebagai pengawet adalah asam sulfit yang tak terdisosiasi dan terbentuk pada pH di bawah 3. Selain sebagai pengawet, sulfit dapat berinteraksi dengan gugus karbonil. Hasil reaksi itu akan mengikat melanoidin sehingga mencegah timbulnya warna coklat (Syarief & Irawati, 1988).

2.2 Pati

Pati merupakan simpanan karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan dan merupakan karbohidrat utama yang dimakan manusia. Komposisi amilosa dan amilopektin berbeda dalam berbagai makanan yang mengandung pati. Amilopektin pada umumnya terdapat dalam jumlah yang lebih besar. Sebagian besar pati mengandung antara 15% dan 35% amilosa. Dalam butiran pati, rantai-rantai amilosa dan amilopektin tersusun dalam bentuk semi kristal yang menyebabkan tidak larut dalam air dan memperlambat pencernaannya oleh amilase pankreas. Bila dipanaskan dengan air, struktur kristal rusak dan rantai polisakarida akan mengambil posisi acak. Hal ini yang menyebabkan terjadinya proses mengembang dan memadat (gelatinasi). Cabang-cabang dalam amilopektin dapat menyebabkan pembentukan gel yang cukup stabil. Proses pemasakan pati di

samping menyebabkan pembentukan gel juga dapat memecah sel, sehingga memudahkan pencernaan yang dapat dihidrolisa menjadi glukosa (Almatsier, 2004).

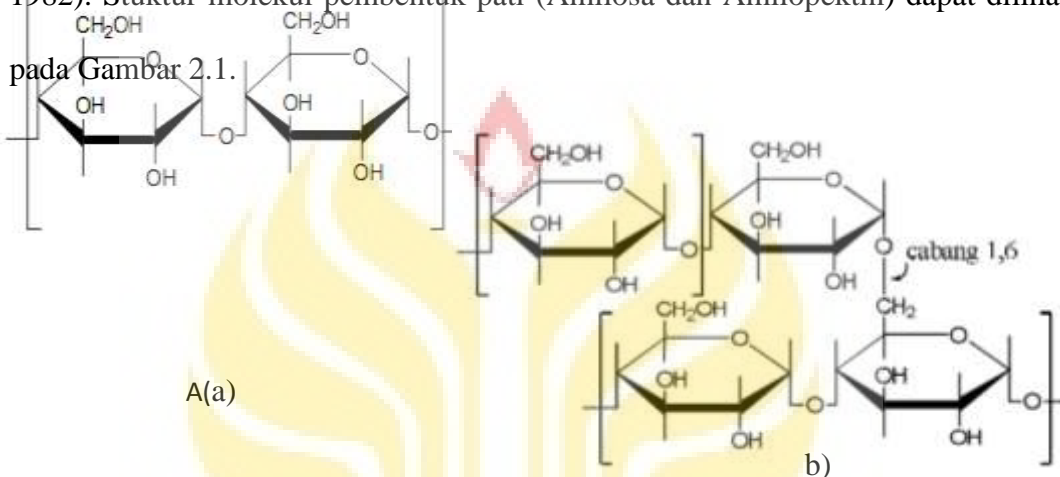
Pati merupakan komponen yang penting dalam makanan terutama yang bersumber dari tumbuh-tumbuhan dan memperlihatkan sifat-sifatnya. Pati terdapat dalam biji-bijian dan umbi-umbian sebagai karakteristik granulanya. Pati tidak manis, tidak mudah larut dalam air dingin, berbentuk pasta dan gel di dalam air panas. Pati menyediakan cadangan sumber energi dalam tumbuh-tumbuhan dan persediaan energi dalam bentuk nutrisi (Potter, 1986).

Butiran pati sama sekali tidak larut dalam air dingin dan pada pemanasan butiran pati mulai menggembung pada suhu penggelatinan. Umumnya pati dengan butiran besar menggembung pada suhu yang lebih rendah daripada pati berbutir kecil. Suhu penggembungan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu: pH, laju pemanasan, praperlakuan, adanya garam dan gula (Deman, 1997).

Bermacam-macam ukuran dari granula pati yang teratur paling panjang sumbunya sekitar 0,0002 cm sampai 0,015 cm. Jika suspensi pati dalam air dipanaskan, maka akan terjadi difusi air pada dinding granula dan menyebabkan penggembungan. Penggembungan ini terjadi pada suhu 60°C sampai 85°C, volume pada granula meningkat pada pemanasan setelah 5 menit dan suspensi akan menjadi sangat kental. Pada pemanasan ini granula membuka dan membentuk gel dari pati di dalam air (Fox & Cameron, 1970).

Amilopektin merupakan polisakarida bercabang bagian dari pati, terdiri atas molekul-molekul glukosa yang terikat satu sama lain melalui ikatan 1,4-

glikosidik dengan percabangan melalui ikatan 1,6-glikosidik pada setiap 20-25 unit molekul glukosa. Amilopektin merupakan bagian dari pati yang tidak larut dalam air dan mempunyai berat molekul antara 70.000 sampai satu juta. Amilopektin dengan iodium memberikan warna ungu hingga merah (Lehninger, 1982). Struktur molekul pembentuk pati (Amilosa dan Amilopektin) dapat dilihat



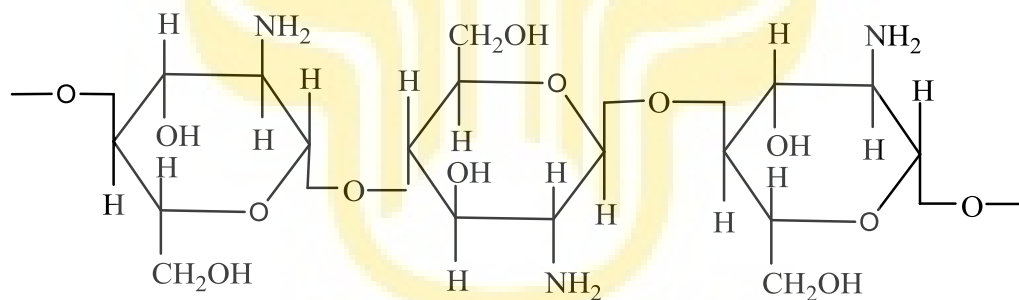
Gambar 2.1 Struktur Molekul Pembentuk Pati (a) Amilosa dan (b) Amilopektin (Hanfa *et al.*, 2001)

Granula pati pada tumbuhan berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya dalam ukuran sekitar 0,002 mm sampai 0,15 mm dan dalam bentuknya ada yang berbentuk bulat, oval, dan sebagainya. Bentuk granula pati spesifik untuk setiap jenis pati, sehingga dapat dibedakan antara satu dengan yang lainnya baik secara organoleptik maupun secara mikroskopik (Heimann, 1980).

2.3 Kitosan

Kitosan adalah turunan kitin yang pertama kali ditemukan pada tahun 1894 oleh Hoppe Seyler. Proses deasetilasi dilakukan dengan merefluks kitin dalam kalium hidroksida (Tampubolon, 2008). Kitin dapat diperoleh dari limbah

pengolahan hasil laut. Kandungan kitin pada limbah udang mencapai 42-57%, limbah kepiting mencapai 50-60%, cumi-cumi 40% dan kerang 14-35%. Karena bahan baku udang lebih mudah diperoleh, maka sintesis kitin dan kitosan lebih banyak memanfaatkan limbah udang (Yurnaliza, 2002). Kitosan memiliki struktur poli α -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa, sedangkan kitin memiliki struktur α -(1,4)-2-asetamida-2-deoksi-D-glukosa. Perbedaan kitin dan kitosan terletak pada perbandingan gugus amina ($-\text{NH}_2$) dengan gugus asetil (CH_3CO) yang disebut derajat deasetilasi. Modifikasi kimiawi menyebabkan turunan kitin, seperti kitosan, memiliki sifat yang lebih baik. Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Kitosan (Hanfa *et al.*, 2001)

Kitosan merupakan polimer kationik yang bersifat nontoksik, dapat mengalami biodegradasi dan bersifat biokompatibel. Sifat ini yang menyebabkan kitosan diaplikasikan sebagai bahan penutup luka dan material hemostatik dalam bentuk gel atau spon. Muatan positif kitosan membuatnya bersifat antibakteri. Uji aktivitas antibakteri menggunakan kitosan yang diperoleh secara enzimatis. Uji pada bakteri patogen dengan menggunakan metode difusi agar menunjukkan hasil yang positif dengan indeks penghambatan berturut-turut 2,47; 3,23; 3,26; 2,23;

2,3; dan 2,07 unit per milligram kitosan per jam untuk *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, dan *Bacillus cereus* (Meidina *et al.*, 2004).

Kitosan digunakan sebagai pencampur biopolimer untuk meningkatkan sifat mekanik karena dapat membentuk ikatan hidrogen antarrantai dengan amilosa dan amilopektin dalam pati. Kitosan memiliki gugus fungsi amin, gugus hidroksil primer dan sekunder, dengan adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga kitosan merupakan bahan pencampur yang ideal. Selain itu kitosan merupakan turunan kitin, polisakarida terbanyak di bumi setelah selulosa, bersifat hidrofobik serta dapat membentuk membran dengan baik (Dallan *et al.*, 2006).

2.4 Gliserol

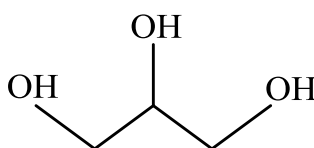
Menurut Syarief *et al.* (1989), untuk memperbaiki sifat plastik maka ditambahkan berbagai jenis tambahan atau aditif. Bahan tambahan ini berupa komponen bukan plastik yang berfungsi sebagai *plasticizer*, penstabil pangan, pewarna, penyerap UV dan lain-lain. Bahan ini dapat berupa senyawa organik maupun anorganik yang biasanya mempunyai berat molekul rendah.

Plasticizer merupakan bahan tambahan yang diberikan agar plastik lebih halus dan luwes. Fungsinya untuk memisahkan bagian-bagian dari rantai molekul yang panjang. *Plasticizer* adalah bahan *non volatile* dengan titik didih tinggi yang apabila ditambahkan ke dalam bahan lain akan merubah sifat fisik dan atau sifat

mekanik dari bahan tersebut (Krochta *et al.*, 1994). *Plasticizer* ditambahkan untuk mengurangi gaya intermolekul antar partikel penyusun pati yang menyebabkan terbentuknya tekstur bioplastik yang lebih elastis. Salah satu jenis *plasticizer* yang sering digunakan dalam membuat bioplastik adalah gliserol.

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol polihidrat dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul (*alkohol trivalen*). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$, dengan nama kimia 1,2,3 propanatriol. Berat molekul gliserol adalah 92,1 dengan massa jenis 1,23 g/cm^3 dan titik didihnya $209^\circ C$ (Winarno, 1992). Gliserol ialah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas 3 atom karbon. Jadi tiap atom karbon mempunyai gugus $-OH$. Satu molekul gliserol dapat mengikat satu, dua, tiga molekul asam lemak dalam bentuk ester, yang disebut monogliserida, digliserida dan trigliserida. Peran gliserol sebagai *plasticizer* ialah untuk meningkatkan fleksibilitas film (Bertuzzi *et al.*, 2007).

Penambahan *plasticizer* berperan untuk meningkatkan sifat plastisitasnya, yaitu sifat mekanis yang lunak, ulet, dan kuat. Dalam konsep sederhana, pemlastis merupakan pelarut organik dengan titik didih tinggi yang ditambahkan ke dalam resin yang keras atau kaku sehingga akumulasi gaya intermolekuler pada rantai panjang akan menurun, akibatnya kelenturan, pelunakan dan pemanjangan resin akan bertambah. Oleh karena itu, plastisasi akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanisme film seperti kekuatan tarik, elastisitas, kekerasan, suhu alir, suhu transisi kaca, dan sebagainya. Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Gliserol (Tang, 2008)

2.5 Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme yang hasil akhirnya berupa air dan gas karbondioksida, sehingga tidak mencemari lingkungan. Karena sifatnya yang dapat terurai di alam, bioplastik merupakan bahan plastik yang ramah lingkungan. Bioplastik dapat diperoleh melalui sumber-sumber yang bervariasi seperti protein, lipid dan polisakarida (Gutierrez *et al.*, 2010).

Selain proses daur ulang plastik, plastik ramah lingkungan juga terus dikembangkan. Plastik yang terbuat dari bahan kimia sintetik dan bersifat ringan, kuat, elastis serta tidak mudah terurai diganti dengan bahan baku yang mudah diuraikan oleh pengurai, yang disebut dengan plastik *biodegradable* (bioplastik).

2.6 Sifat Mekanik Bioplastik

2.6.1 *Tensile-Strength*/Kuat Tarik (MPa)

Kuat tarik atau kuat renggang putus (*tensile-strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran *tensile-strength* dimaksudkan untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk

merenggang atau memanjang. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plastisizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan film (Alyanak, 2004).

Uji kuat tarik (*tensile test*) merupakan prosedur paling umum digunakan untuk mempelajari hubungan tegangan-regangan (*stress-strain*). Uji tarik dilakukan dengan benda uji ditarik dari dua arah, sehingga panjangnya bertambah dan diameternya mengecil. Besarnya beban dan pertambahan panjang dicatat selama pengujian. *Tensile-strength* adalah beban maksimum yang mampu diterima bahan uji (Huda, 2009). Uji kuat tarik dapat dicari menggunakan persamaan :

$$TS = F_{max} / A_0 \quad (2.1)$$

dimana : TS = *tensile-strength*
 F_{max} = gaya maksimum
 A₀ = luas permukaan awal

2.6.2 Pemanjangan/Elongasi (%)

Persen pemanjangan merupakan keadaan dimana bioplastik patah setelah mengalami perubahan panjang dari ukuran yang sebenarnya pada saat mengalami peregangan. Sifat tersebut penting dan mengindikasikan kemampuan bioplastik dalam menahan sejumlah beban sebelum bioplastik putus. Persen pemanjangan dapat dihitung dengan membandingkan panjang film saat putus dan panjang film sebelum ditarik oleh *Tensile Strength and Elongation Tester*. Secara matematis persen pemanjangan (elongasi) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$e (\%) = [(L_1 - L_0) / L_0] \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana : e (%) = Persentase perpanjangan (Elongation)

L_1 = panjang akhir benda uji

L_0 = panjang awal benda uji

(Setiani *et al.*, 2013)

2.6.3 Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu bahan. Semakin kecil elastisitasnya, maka plastik yang dihasilkan semakin baik. Elastisitas dapat dihitung dengan membandingkan kuat tarik dengan elongasi. Elastisitas mempunyai satuan yang sama seperti kuat tarik. Secara matematis, elastisitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E = TS/e \quad (2.3)$$

dimana: E = Elastisitas

TS = *tensile-strength*

e = elongasi

(Setiani *et al.*, 2013)

2.7 Daya Serap Air (*Water Uptake*)

Daya serap air merupakan faktor yang penting dalam menentukan *biodegradabilitas film* ketika digunakan sebagai pengemas. Ada film yang dikehendaki tingkat kelarutannya tinggi atau sebaliknya tergantung jenis produk yang dikemas (Rachmawati, 2009). Pengukuran daya serap air penting dilakukan untuk memenuhi kualitas bioplastik yang diinginkan. Adapun secara matematis persen daya serap air (*water uptake*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{air yang terserap (\%)} = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (2.4)$$

dimana : W = berat bioplastik basah, W_o = berat bioplastik kering

(Ban *et al.*, 2005)

2.8 Biodegradasi

Proses degradasi secara kimia terbagi atas 2 lingkungan degradasi, yaitu lingkungan biotik dan abiotik. Degradasi dalam lingkungan biotik umumnya terjadi karena serangan mikroba seperti bakteri, kapang, ganggang, sedangkan proses degradasi pada lingkungan abiotik meliputi degradasi karena sinar UV, hidrolisis, oksidasi dan lainnya. Biodegradasi merupakan kemampuan berapa lama bioplastik dapat terdegradasi dengan baik oleh mikroorganisme sehingga dapat dikatakan sebagai kemasan yang ramah lingkungan (Wafiroh *et al.*, 2010).

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

Sifat biodegradasi bioplastik dapat diuji dengan menggunakan bakteri EM4 (*Effective microorganism*). EM4 adalah kultur campuran mikro yang terdiri dari bakteri *Lactobacillus*, *Antinomycetes*, *Streptomyces*, ragi jamur dan bakteri fotosintik 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 bioplastik 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 & Puspita, 2011).

2.9 Karakterisasi Bioplastik

2.9.1 FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*)

FT-IR (*Fourier Transform InfraRed Spectroscopy*) merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan/ditransmisikan. Hasil dari spektrum merupakan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel, seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum inframerah yang dihasilkan tidak ada yang sama. Inilah yang membuat spektroskopi inframerah berguna untuk beberapa jenis analisis. Manfaat informasi/data yang dapat diketahui dari FT-IR untuk dianalisis adalah identifikasi material yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, dan menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran (Thermo, 2011).

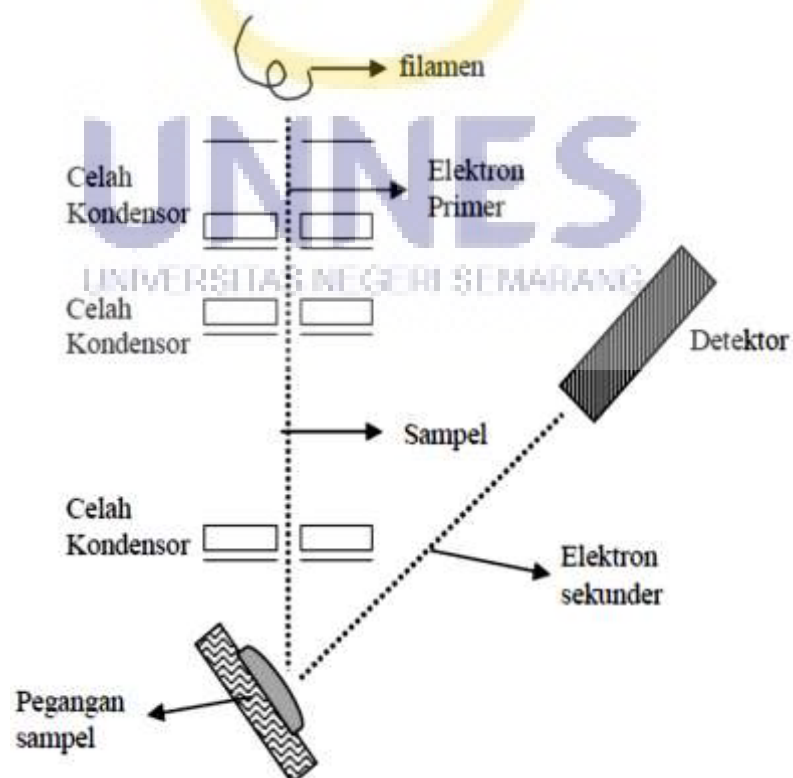
Prinsip dasar spektroskopi infra merah adalah vibrasi ikatan yang mempunyai frekuensi yang spesifik. Setiap ikatan kimia mempunyai frekuensi vibrasi yang khas sehingga dapat dibedakan dengan analisa puncak serapan infra

merah. Data yang didapatkan merupakan suatu spektogram dengan beberapa vibrasi ulur yang digambarkan dengan puncak serapan pada bilangan gelombang tertentu (Handayani, 2009).

Analisis FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari membran. Setiap ikatan mempunyai frekuensi vibrasi yang khas sehingga absorpsi infra merah dapat digunakan untuk identifikasi gugus-gugus dalam suatu senyawa (Bourtoom *et al.*, 2007).

2.9.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Salah satu cara untuk mengetahui morfologi membran adalah dengan uji SEM. Dengan uji ini dapat diketahui struktur permukaan dan penampang melintang suatu polimer menggunakan mikroskop elektron. Selain itu, SEM juga dapat mengetahui distribusi pori, geometri pori, ukuran pori dan porositas pada permukaan (Mulder, 1996). Prinsip kerja dari SEM dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja SEM

Prinsip kerja SEM dimulai dengan berkas elektron primer dengan energi kinetik 1-25 kV mengenai sampel membran. Setelah mengenai membran elektron tersebut direfleksikan atau dipancarkan. Elektron yang direfleksikan ini disebut dengan elektron sekunder yang akan muncul dan menentukan *image* yang teramati pada layar *micrograph* pada alat SEM (Mulder, 1996).

Ketika berkas elektron dikenakan pada suatu membran, maka ada kemungkinan membran tersebut akan terbakar atau rusak. Kerusakan ini dipengaruhi oleh jenis membran dan kecepatan berkas elektron yang diberikan. Kemungkinan akan terjadi kerusakan dan dapat dicegah dengan melapisi sampel membran dengan lapisan konduksi, biasanya digunakan lapisan emas. Kerusakan struktur membran juga bisa terjadi pada saat pengeringan membran. Adapun metode yang biasa digunakan untuk mencegah kerusakan struktur ini adalah dengan menggunakan *cryo-unit* atau mengganti air membran dengan cairan yang mempunyai tegangan permukaan lebih kecil dari air pada saat pengeringan. Beberapa contoh cairan yang biasa digunakan adalah etanol, butanol, pentana dan heksana (Mulder, 1996)

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

1. Rasio pati biji alpukat : kitosan yang optimal didapatkan pada formula 4:4 dengan nilai kuat tarik 27,000 MPa, elastisitas 6,250 MPa, elongasi 4,320 % dan daya serap air sebesar 23,090 % yang dapat terdegradasi dalam waktu 40 hari.
2. Hasil optimal bioplastik variasi gliserol didapatkan pada penambahan gliserol 4 ml dengan nilai kuat tarik 19,300 MPa, elastisitas 2,093 MPa, elongasi 9,220 % dan daya serap air sebesar 41,753 % yang terdegradasi dalam waktu 35 hari.
3. Hasil karakterisasi dari FT-IR menunjukkan bahwa terjadi interaksi (ikat silang) dari bioplastik yang ditunjukkan dengan adanya pergeseran bilangan gelombang dan gugus fungsi baru. Karakterisasi dari SEM menghasilkan struktur yang kurang rapat dan terjadi aglomerasi pada penambahan gliserol berlebih (diatas batas).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan menambah beberapa variasi baik itu pati-kitosan maupun penambahan gliserol untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Alsuhendra, Zulhipri, Ridawati, & E. Lisanti. 2007. Ekstraksi dan Karakteristik Senyawa Fenolik dari Biji Alpukat (Persea Americana Mill.). *Proseding Seminar Nasional PATPI*. Bandung.
- Alyanak, D. 2004. *Water Vapour Permeable Edible Membrane*. Thesis in Biotechnology and Bioengineering Program. Izmir Institute of Technology.
- Akbar, F., Z. Anita & H. Harahap. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2) : 11-15.
- AOAC. 1995. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. AOAC Inc: Arlington.
- Apriyanti A. F., F. W. Mahatmanti & W. Sugiyo. 2013. Kajian Sifat Fisik-Mekanik dan Antibakteri Plastik Kitosan Termodifikasi Gliserol. *Indonesia Journal of Chemical Science*, 2 (2): 148-153.
- Arum, S., Latifah & E. Kusumastuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol. *Indonesia Journal of Chemical Science*, 3 (2): 157-162.
- Averous, L. 2004. Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review, *Journal of Macromolecular Science*, 44 (3) : 123-130.
- Ban, W., J. Song, D. S. Argyropoulos & L. A. Lucia. 2005. Improving the physical and chemical functionality of Starch – Derived Films with Biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, 100 (1): 2542-2548.
- Bertuzzi, M. A., E.F.C. Vidaurre, M. Armada & J.O Gottifredi. 2007. Water Vapour Permeability Of Edible Starch Based Films. *Journal of Food Engineering*, 80 (1): 972-978.
- Bourtoom T., S. Manjeet, & Chinnan. 2007. Preparation and properties of rice starch chitosan blend biodegradable film. *Journal Food Science and Technology*, 41 (1): 1633-1641.
- Chandra, A., H. M. Ingrid & Verawati. 2013. *Pengaruh pH dan Jenis Pelarut pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat*. Lembaga

Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Katolik
Parahyangan.



- Chevillard, A., H. A Coussy, B. Cuq, V. Guillard, G. Cesar, N. Gontard, E. Gastaldi. 2011. How the biodegradability of wheat gluten-based agromaterial can be modulated by adding nanoclay. *Polymer Degradation And Stability*. 96 (1) : 2088 –2097.
- Coniwanti, P., I. Linda, R.A. Mardiyah. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20 (4) : 22-30.
- Dallan, P. R. M., P. L. Moreira, L. Penitari, S. M. Malmonge, M. M. Beppu, S. C. Genari & A. M. Moraes. 2006. Effects of chitosan solution concentration and incorporation of chitin and glycerol on dense chitosan membrane Properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials*. 80B (6): 394-405.
- Darni, Y & H. Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4): 88-93.
- Deman, J. M. (ed). 1997. *Kimia Makanan* (2th ed.). Penerjemah K. Padmawinata. Bandung: ITB press.
- Deperindag. 2006. *Standar Mutu Tapioka (SNI 01-3451-1994)*. Jakarta: Departemen Perindustrian RI.
- Dewan Standardisasi Nasional. 1992. *Cara Uji Gula (SNI 01-2892-1992)*. Jakarta: Departemen Standar Nasional Indonesia.
- Fairhurst, T. & C. Witt. 1971. *Rice. A Practical Guide to Nutrient Management*. Potash & Phosphate Institute : Potash & Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute (IRRI).
- Fox, B.A. & A.G. Cameron. 1970. *Food Science A Chemical Approach*. University of London Press.
- Gontard, N., S. Guilbert, J.L. Cuq. 1993. Water and Gliserol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Film. *Journal of Food Science*, 58 (1) : 206-211.
- Gutierrez G., J. P. Partal, M. G. Morales, & C. Gallegos. 2010. Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics. *Bioresource Technology*, 101 (1) : 2007-2013.

- Handayani, E. 2009. *Sintesa Membran Nanokomposit Berbasis Nanopartikel Biosilika dari Sekam Padi dan Kitosan sebagai Matriks Biopolimer*. Thesis. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hanfa, Z., L. Quanzhou, Z. Dongmei. 2001. Affinity Membrane Chromatography for The Analysis and Purification of Proteins. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*. 49 (3) : 199-210.
- Hart, H. 1987. *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga.
- Heimann, W. 1980. *Fundamentals of Foods Chemistry*. Avi Publ.Co., Westport Connecticut, USA.
- Huda, S., A.L. Mahfudz. 2009. *Sifat Mekanik Bahan (Mechanical Properties)*. Jakarta : Universitas mercu Buana, Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri.
- Intan, D.H & A.W.A.R. Wan. 2011. Tensil and Water Absorbtion of Biodegradable Composites Derived From Cassava Skin/ Polyvini Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana*. 40 (7) : 713-718.
- Jummi, P. 2007. *Pembuatan Bioplastik Poli- β -Hidroksialkanoat (PHA) yang Dihasilkan oleh *Rastonia eutropha* pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu dengan Pemplastis Isopropil Palmitat*. Skripsi : Institut Pertanian Bogor.
- Kalie, M. B. 1997. *Budi Daya Alpukat dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Krochta, J. M., E.A. Baldwin & M. O. N. Carriedo. 1994. *Edible coatings and film to improve food quality*. Technomic Publ.Co., Inc., USA.
- Lehninger, H.L. 1982. *Principles of Biochemistry*. Worth Publ. Inc., New York.
- Liu, H., R. Adhikari, Q. Guo, B. Adhikari. 2013. Preparation and characterization of glycerol plasticized (high-amylose) starch–chitosan films. *Journal of Food Engineering*, 116 (1) : 588-597.
- Lopez, V.M.G. 2002. *Fruit Characterization of high oil contect avocado varieties*. Scientia Agricol.
- Lu, D.R., C.M. Xiao & S.J. Xu. 2009. Starch-Based Completely Biodegradable Polymer Materials. *Polymer Letters*, 3(6) : 366–375.

- Meidina, B. Sugiyono, S.L. Jenie & M. T. Suhartono. 2004. *Aktivitas Antibakteri Oligomer Kitosan yang Diproduksi Menggunakan Kitonase dari Isolat B. licheniformis MB-2*. Laporan Penelitian. Bogor: Departemen Teknologi Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd edition. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- Nollet, L.M.L. 1996. *Physical Characterization and Nutrient Analysis*. Marcel Dekker, Inc., Hogeschool Gent, Ghent.
- Park, H.J., C.L. Weller, P.J. Vergano & R.F. Testin. 1996. *Factor Affecting Barrier and Mechanical Properties of Protein Edible Degradable Film*. New Orleans, LA.
- Philip F.B., A. Nurum, C.C. Mbah, A. A. Attama & R. Manek. 2010. *The physicochemical and binder properties of starch from Persea americana Miller (Lauraceae)*. 62 (6) : 309-320.
- Potter, N.N. 1986. *Food Science* (4th ed.). Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Pradipta & Mawarani. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 1 (1) : 1-6.
- Queiroz, C., M. L. M. Lopes, E. Fialho & V. L. Valente-Mesquita. 2008. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24 (4) : 361-375.
- Rachmawati, Arinda Karina. 2009. *Ekstraksi dan Karakteristik Pektin Cincau Hijau (Premna oblongifolia, Merr) Untuk Pembuatan Edibel Film*. Thesis. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Rhim, J.W. 2007. Natural Biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47 (4) : 411-433.
- Rodriguez, M., J. Oses, K. Ziani & J.I. Mate. 2006. Combined Effect Of Plasticizer And Surfactants On The Physical Properties Of Starch Based Edible Films. *Journal of Food Research International*, 39 (1) : 840-846.

- Sahwan, F.L., D.H. Martono, S. Wahyono, dan L. A., Wisoyodharmo. 2005. Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 6(1): 311-318.
- Sanjaya, M. H., I. Gede & T. Puspita. 2011. Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Jurnal kimia*. Surabaya. ITS. 6 (3) : 114-119.
- Sapei, L., K.S. Padmawijaya, O. Sijayanti & P.J. Wardhana. 2015. The effect of Banana starch concentration on the properties of chitosan-starch bioplastic. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(9S) :101-105.
- Setiani, W., T. Sudiarti & L. Rahmidar. 2013. Preparasi dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Kimia*. 3 (2): 100-109.
- Sunarjono, H. H. 1998. *Prospek Berkebun Buah*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Suryati, D. 1992. *Penanganan Sampah Plastik*. Jakarta: PDII-LIPI.
- Syarief, R. & A. Irawati. 1988. *Pengetahuan Bahan untuk Industri Pertanian*. Jakarta : Medyatama Sarana Perkasa.
- Syarief, R.S. Santausa, S. Isyana. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Bogor.
- Tampubolon, L. 2008. *Pembuatan Material Selulosa-Kitosan Bakteri Dalam Medium Air Kelapa dengan Penambahan Pati dan Kitosan Menggunakan Acetobacter xylinum*. Tesis. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara.
- Tang, Z., X. Qiou & K. Sun. 2008. Plasticization of Corn Starch by Polyol Mixtures. *Carbohydrate Polymers*, 83 (1): 659-664.
- Thermo N.C. 2011. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Madison: Author.
- Tyasning & Masykuri. 2011. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Biodegradasi Plastik Berbahan Dasar Polipropilen. *Prosiding Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS*.
- Utami, M.R., Latifah & N. Widiarti. 2014. Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3 (2) : 163-167.

- Wafiroh, S., A. Tokok & T. A. Elok. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Komposit Kitosan-Pati Garut (Maranta Arun Dinaceae L) dengan Pemplatis Asam Laurat*. Surabaya. Universitas Airlangga.
- Winarno, F. G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Utama.
- Winarti, S. & Y. Purnomo, 2006. *Olahan Biji Buah*. Surabaya: Trubus Agrisarana.
- Yuniarti, L.I., G. S. Hutomo, A. Rahim. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2 (1): 38-46.
- Yurnaliza. 2002. *Senyawa Khitin dan Kajian Aktivitas Enzim Mikrobial Pendegradasinya*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.

