

**PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP
KARAKTERISASI *EDIBLE FILM* MENGGUNAKAN PATI
KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima*) DENGAN PLASTISIZER
POLIETILEN GLIKOL (PEG)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh :

**VIRA MARYATI
17036062/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

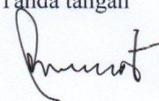
Nama : Vira Maryati
NIM : 17036062
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISASI
EDIBLE FILM MENGGUNAKAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot
utilissima*) DENGAN PLASTISIZER POLIETILEN GLIKOL (PEG)**

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Dr. Indang Dewata, M.Si	
Anggota	: Dra. Iryani, M.S	
Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	

PERSETUJUAN SKRIPSI

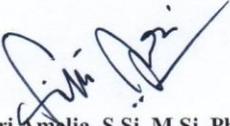
**PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISASI
EDIBLE FILM MENGGUNAKAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot
utilissima*) DENGAN PLASTISIZER POLIETILEN GLIKOL (PEG)**

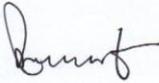
Nama : Vira Maryati
NIM : 17036062
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing


Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800319 200912 2 002


Dr. Indang Dewata, M.Si
NIP. 19651118 199102 1 003

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Vira Maryati
NIM : 17036062
Tempat/Tanggal lahir : Padang/ 15 Maret 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakterisasi *Edible Film* Menggunakan Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Plastisizer Polietilen Glikol (PEG)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, Agustus 2021
Yang menyatakan



Vira Maryati
NIM : 17036062

**PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISASI
EDIBLE FILM MENGGUNAKAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot
utilissima*) DENGAN PLASTISIZER POLIETILEN GLIKOL (PEG)**

ABSTRAK

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan kitosan terhadap limbah kulit singkong (*Manihot utilissima*) dalam pembuatan *edible film* dengan *plasticizer* polietilen glikol (PEG) telah berhasil dilakukan. Tujuan penelien ini adalah untuk menentukan kosentrasi optimum penambahan PEG dan pengaruh penambahan kitosan pada *edible film* yang terbuat dari pati kulit singkong terhadap struktur kimia, sifat fisik, sifat mekanik, dan biodegradasi, serta membandingkan sifat mekanik *edible film* dengan nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *Japanese Industrial Standar* (JIS) Z1707. Penelitian ini merupakan eksperimen dengan memvariasikan konsentrasi *plasticizer* PEG sebanyak 0%, 2% ,4%, 6%, dan 8%, sehingga diperoleh kondisi optimum *edible film* dari kulit singkong dengan penambahan PEG yaitu 4%. Sedangkan, variasi penambahan kitosan sebanyak 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2%. Hasil maksimum dari sifat mekanik yang diperoleh adalah pada penambahan kitosan 1% dengan nilai kuat tarik yaitu 14,91 Mpa, dan elastisitas yaitu 1949,05 Mpa, sedangkan hasil maksimum elongasi pada penambahan kitosan 0,5% yaitu 9,21 %. Hasil maksimum dari sifat fisik yang diperoleh adalah nilai derajat pengembangan (*swelling*) pada penambahan 1% yaitu 454,98 %, dan ketebalan semakin meningkat seiring dengan penambahan kitosan. Sedangkan, kandungan air dan biodegradasi *edible film* semakin menurun dengan penambahan kitosan. Spektra FTIR, *edible film* tanpa penambahan kitosan dengan *edible film* penambahan kitosan 1% menunjukkan adanya ikatan O-H pada panjang gelombang 3500 – 3200 cm^{-1} , ikatan C-H pada panjang gelombang 2800 – 2950 cm^{-1} , ikatan N-H pada panjang gelombang 1650 – 1580 cm^{-1} dan ikatan C-O (karbonil) pada panjang gelombang 1000 – 1150 cm^{-1} . Derajat kristalinitas *edible film* tanpa penambahan kitosan yaitu 99.67% sedangkan derajat kristalinitas *edible film* dengan penambahan kitosan 1% yaitu 88.13%. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh sifat fisik dan sifat mekanik *edible film* yang didapatkan pada penelitian telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan JIS Z1707 *edible film*.

Kata Kunci : Kulit Singkong, PEG, Kitosan, *Edible Film*, Pati

EFFECT OF CHITOSAN ADDITION ON EDIBLE FILM CHARACTERIZATION USING CASSAVA PEEL STARCH (MANIHOT UTILISSIMA) WITH POLYETHYLENE GLYCOL (PEG) PLASTICIZER

ABSTRACT

Research on the effect of using chitosan on cassava peel waste (*Manihot utilissima*) in the manufacture of edible films with polyethylene glycol (PEG) plasticizer has been successfully carried out. The purpose of this study was to determine the optimum concentration of PEG addition and the effect of adding chitosan to edible films made from cassava peel starch on chemical structure, physical properties, mechanical properties, and biodegradation, as well as comparing the mechanical properties of edible films with the value of the Indonesian National Standard (SNI) and Japanese Industrial Standard (JIS) Z1707. This research is an experiment by varying the concentration of PEG plasticizer as much as 0%, 2%, 4%, 6%, and 8%, so that the optimum condition of edible film from cassava peel with the addition of PEG is 4%. Meanwhile, variations in the addition of chitosan were 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. The maximum yield of mechanical properties obtained was the addition of 1% chitosan with a tensile strength value of 14.91 Mpa, and elasticity of 1949.05 Mpa, while the maximum elongation yield of 0.5% chitosan addition was 9.21%. The maximum result of the physical properties obtained is the value of the degree of swelling (swelling) at the addition of 1%, which is 454.98%, and the thickness increases with the addition of chitosan. Meanwhile, the water content and biodegradation of edible film decreased with the addition of chitosan. FTIR spectra, edible film without the addition of chitosan with edible film adding 1% chitosan showed the presence of OH bonds at a wavelength of 3500 – 3200 cm⁻¹, CH bonds at a wavelength of 2800 – 2950 cm⁻¹, NH bonds at a wavelength of 1650 – 1580 cm⁻¹ and CO (carbonyl) bonds at a wavelength of 1000 – 1150 cm⁻¹. The degree of crystallinity of edible films without the addition of chitosan is 99.67%, while the degree of crystallinity of edible films with the addition of 1% chitosan is 88.13%. From the research that has been done, the physical and mechanical properties of the edible film obtained in this study have met the Indonesian National Standard (SNI) and JIS Z1707 edible film.

Keywords : Cassava Peel, PEG, Chitosan, Edible Film, Starch

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakterisasi *Edible Film* Menggunakan Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Plastisizer Polietilen Glikol (PEG)”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam memperoleh gelar S-1 pada program studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Dr. Indang Dewata, M.Si selaku pembimbing sekaligus penasehat akademik.
2. Ibu Fitri Amelia, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Dra. Iryani, M.S dan bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D selaku dosen penguji.
5. Seluruh Staf Pengajar dan Tenaga Administratif di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa/I Kimia'17 yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan bernilai ibadah dan mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, Agustus 2021

Vira Maryati

NIM. 17036062

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tanaman Singkong.....	6
B. <i>Edible Film</i>	9
C. Plastisizer Polietilen Glikol (PEG).....	12
D. Kitosan	13
E. Pengujian Karakterisasi Edible Film.....	14
BAB III.....	20
METODE PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan Tempat	20
B. Variabel Penelitian	20
C. Alat dan Bahan	20
D. Prosedur Penelitian.....	21
E. Desain Penelitian.....	26
BAB IV.....	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Pati Kulit Singkong	28
B. <i>Edible Film</i>	30

C.	Kondisi Optimum <i>Edible Film</i> dengan Plastisizer	31
D.	Karakterisasi <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Kitosan	33
BAB V		45
KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
A.	Kesimpulan.....	45
B.	Saran.....	45
DAFTAR KEPUSTAKAAN		46
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Singkong atau ubi kayu.....	6
2. Struktur Amilosa (Moran et al.,2012).....	9
3. Struktur Amilopektin (Moran <i>et al.</i> , 2012).....	9
4. Klasifikasi <i>edible film</i> (Paul,2020)	11
5. Struktur Polietilen Glikol.....	12
6. Struktur Kitosan (Ikhsan et al., 2021).....	13
7. Instrumen FTIR Laboratorium Kimia, FMIPA UNP	17
8. X-ray Diffraction (XRD) Laboratorium Fisika, FMIPA UNP	19
9. Pati kulit singkong	28
10. Hasil uji Iodin pada pati kulit singkong.....	28
11. Spektrum FTIR amilum	29
12. spektrum FTIR pati kulit singkong.....	29
13. <i>Edible film</i> kulit singkong.....	30
14. Ikatan hidrogen pada <i>edible film</i> (Nafiyanto, 2019).....	31
15. Pengaruh penambahan plasticizer polietilen glikol terhadap elongasi <i>edible film</i> 32	
16. pengaruh penambahan kitosan terhadap kandungan air <i>edible film</i>	33
17. Pengaruh penambahan kitosan terhadap ketahanan air <i>edible film</i>	34
18. Pengaruh penambahan kitosan terhadap ketebalan <i>edible film</i>	35
19. Pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik <i>edible film</i>	36
20. Pengaruh penambahan kitosan terhadap elongasi <i>edible film</i>	37
21. Pengaruh penambahan kitosan terhadap elastisitas <i>edible film</i>	39
22. Pengaruh penambahan kitosan terhadap biodegradasi <i>edible film</i>	40
23. Spektrum FTIR <i>Edible film</i> tanpa kitosan	41
24. Spektrum FTIR <i>Edible film</i> + kitosan 1%	41
25. Difraktogram XRD <i>Edible film</i> tanpa kitosan	43
26. Difraktogram XRD <i>Edible film</i> + kitosan 1%	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar <i>Edible Film</i> menurut (JIS Z1707).....	14
2. Daftar bilangan gelombang jenis ikatan (Dachriyanus, 2004).....	18
3. Puncak bilangan gelombang spektra <i>edible film</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Pembuatan Larutan Asam Asetat	50
2. Skema Kerja Pembuatan Pati kering dari Kulit Singkong	51
3. Pembuatan Edible Film	52
4. Uji Ketebalan Edible Film	53
5. Uji Kandungan Air	53
6. Uji Derajat Penggembungan (Swelling)	54
7. Uji Kuat Tarik (Tensile Strenght)	54
8. Uji Kuat Pemanjangan atau Elongitas	55
9. Uji Elastisitas (Modulus Young)	55
10. Uji Biodegradasi <i>Edible Film</i>	56
11. Karakterisasi Struktur Menggunakan FTIR	56
12. karakterisasi dengan menggunakan XRD	57
13. Perhitungan Pembuatan Larutan Asam Asetat 1% V/V	58
14. Data Ketebalan <i>Edible film</i>	58
15. Data Kuat Tarik <i>Edible film</i>	58
16. Data Elongasi <i>Edible film</i>	59
17. Data Elastisitas <i>Edible film</i>	59
18. Data Kandungan Air <i>Edible Film</i> Dengan Penambahan Kitosan	60
19. Data pengembangan Edible Film Dengan Penambahan Kitosan	61
20. Data Uji Biodegradasi <i>Edible film</i>	63
21. Perhitungan Derajat Kristalinitas <i>Edible Film</i>	65
22. Data <i>Tensile Strenght</i>	66
23. Data Analisis XRD <i>Edible Film</i>	68
24. Dokumentasi Penelitian	69

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan plastik sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari sebagai pengemasan makanan maupun produk industri lainnya. Plastik ternyata menghadapi berbagai permasalahan di lingkungan, yaitu tidak dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme di dalam tanah, sehingga menimbulkan pencemaran dan penumpukan sampah plastik serta kerusakan lingkungan (Imran et al., 2014). Limbah industri berupa plastik yang dihasilkan memberikan pengaruh negatif dalam komponen biotik maupun abiotik (tanah, udara dan air). Karena, limbah industri ini mengakibatkan pencemaran lingkungan dan penurunan kualitas hidup manusia serta makhluk hidup lainnya (Dewata et al., 2018). Menurut data statistik persampahan domestik Indonesia, di Indonesia jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua sebesar 5,4 juta ton per tahun atau 14 persen dari total produksi sampah (Fransiska et al., 2018). Dalam beberapa tahun terakhir, dapat diketahui bahwa Indonesia merupakan salah satu penghasil limbah plastik terbanyak ke laut, karena masalah lingkungan cukup serius yang disebabkan oleh kemasan yang tidak dapat terdegradasi (Zareie et al., 2020).

Bioplastik atau plastik *biodegradable* memiliki fungsi yang sama dengan plastik sintetis atau plastik konvensional, tetapi lebih aman dan ramah terhadap lingkungan. Salah satu produk bioplastik yang terkenal saat ini yaitu *edible film* (Paul, 2020). Dengan memahami permasalahan tersebut maka dikembangkan suatu kemasan yang terbuat dari bahan yang dapat diperbarui dan ekonomis, yaitu dengan mengemukakan bioplastik dalam wujud *edible*

film maka biodegradable ini dapat diurai oleh bakteri dan jamur. Selain tidak bersifat merusak lingkungan, *edible film* sebagai pembungkus makanan juga dapat meningkatkan kualitas produk karena terbuat dari bahan organik, tidak beracun, dan bisa langsung dimakan (Setiani et al., 2013). *Edible film* memiliki bahan baku yang berasal dari bahan pangan seperti protein, lipid dan polisakarida terutama pati (Nur Hanani et al., 2014).

Pati adalah polisakarida yang banyak digunakan untuk membuat *edible film*. Bagian tumbuhan yang banyak mengandung pati sering ditemukan pada buah, batang, biji, akar, dan kulit. Sifat-sifat yang dimiliki oleh pati yaitu mudah terurai secara alami (*biodegradable*), mudah didapat, murah dan bersifat hidrofilik (Hidayah et al., 2015). Sampah plastik yang berbahan dasar minyak bumi tidak dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme sehingga menjadi masalah di lingkungan, oleh karena itu dikembangkan *edible film* dengan menggunakan pati dari kulit singkong yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit singkong memiliki kandungan pati yang tinggi dan dapat digunakan untuk membuat *edible film* (Suryati et al., 2017). Penelitian tentang pembuatan bioplastik dari kulit singkong telah dilakukan oleh (Dewi et al., 2015) menggunakan plastisizer gliserol dan penambahan kitosan. Bioplastik yang dihasilkan hampir memenuhi persyaratan SNI plastik, namun nilai kuat tarik dan elastisitas plastik yang dihasilkan masih rendah.

Kelemahan biopolimer pati adalah daya tahannya yang rendah terhadap air dan daya hambat uap air yang rendah, karena sifat hidrofilisitas pati mempengaruhi kestabilan dan sifat mekaniknya (García et al., 2011). Untuk meningkatkan sifat dan fungsi pati, perlu ditambahkan zat hidrofobik atau antibakteri dan memperbaiki sifat film pati serta memiliki aktivitas

antibakteri adalah penambahan kitosan (Chillo et al., 2008). Kitosan memiliki salah satu sifat yaitu sebagai bahan pengikat yang digunakan untuk membuat plastik, meningkatkan transparansi film plastik yang dihasilkan, dan memiliki sifat antibakteri (Epriyanti et al., 2016).

Pati yang digunakan dalam pembuatan edible film biasanya bersifat sangat rapuh, oleh sebab itu diperlukan plasticizer untuk memperbaiki sifat fisik film. Pemplastis tidak mudah menguap dan memiliki titik didih yang tinggi, yang dapat mengubah sifat fisik suatu bahan bila ditambahkan ke bahan lain. Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen antarmolekul / kekuatan antarmolekul antar polimer (mengatasi kerapuhan film), meningkatkan fleksibilitas film dan mengurangi sifat penghalang film (Nofiandi et al., 2016). Beberapa penelitian plastisisasi film kitosan menunjukkan bahwa polietilen glikol (PEG) dapat meningkatkan sifat elastis kitosan (Suyatma et al., 2005). Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakterisasi *Edible Film* Menggunakan Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Plastisizer Polietilen Glikol (PEG).**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Plastik sintetik pengemas makanan yang digunakan secara berlebihan akan mengakibatkan dampak buruk terhadap lingkungan.
2. Penggunaan limbah kulit singkong yang masih belum dimanfaatkan secara optimal.

3. Belum dilakukannya penelitian *edible film* dari kulit singkong dengan penambahan kitosan menggunakan plastisizer PEG.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Variasi penambahan plastisizer PEG adalah 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% v/v.
2. Variasi penambahan kitosan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2 % w/v.
3. Karakterisasi struktur kimia, sifat fisik, sifat mekanik dan biodegradasi dari *edible film*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi optimum penambahan plastisizer PEG pada pembuatan *edible film*.
2. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat fisik, sifat mekanik, biodegradasi, dan struktur *edible film* dari kulit singkong.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kondisi optimum penambahan PEG pada pembuatan *edible film* dari kulit singkong (*Manihot utilissima*).
2. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan pada *edible film* yang terbuat dari pati kulit singkong terhadap struktur kimia, sifat fisik, sifat mekanik, dan biodegradasi *edible film*.

3. Membandingkan sifat fisik dan sifat mekanik yang didapatkan dengan nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *Japanese Industrial Standar (JIS) Z1707 edible film*.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui penggunaan limbah dari kulit singkong sebagai alternatif dalam pembuatan *edible film*.
2. Memberikan informasi tentang penambahan jumlah kitosan yang tepat untuk memperoleh *edible film* dari pati kulit singkong dengan sifat mekanik yang bagus.
3. Dapat mengurangi penggunaan plastik sintetik pembungkus makanan yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Singkong

Singkong (*Manihot utilisima*) adalah salah satu jenis tanaman yang banyak tersebar diseluruh Indonesia, selain itu singkong juga banyak dibudidayakan diberbagai negara di dunia. Tanaman singkong merupakan tanaman berumur panjang yang tumbuh di daerah tropis dan mudah beradaptasi dengan lingkungan. Tanaman singkong memiliki daya adaptasi yang luas, sehingga kecil kemungkinan gagalnya singkong dapat ditanam dimanapun dan kapanpun sepanjang tahun. Tanaman singkong memiliki beberapa keunggulan antara lain mampu tumbuh di segala jenis tanah, namun sebaliknya tidak bisa tumbuh dengan efisien pada tanah yang sangat berair.



Gambar 1. Singkong atau ubi kayu

Berikut adalah klasifikasi dari tanaman singkong :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Euphorbiales</i>
Famili	: <i>Euphorbiaceae</i>

Genus : *Manihot*
Spesies : *Manihot utilissima*
Nama Indonesia : Singkong, Ubi kayu, Ketela Pohon

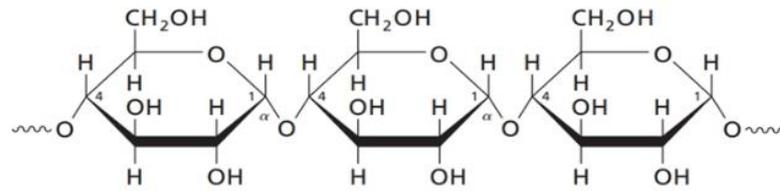
Bagian tanaman singkong yang biasa digunakan yaitu umbinya, karena mengandung karbohidrat yang tinggi dengan komponen utamanya adalah pati. Umbi singkong merupakan salah satu bahan pangan pokok penghasil karbohidrat yang terkenal, dan daunnya diolah menjadi sayuran. Saat ini di Indonesia selain digunakan sebagai bahan baku tepung tapioka, singkong juga telah dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol. Namun, sejauh ini belum ada upaya untuk memanfaatkan bagian tanaman singkong lainnya, seperti daun, batang, atau kulit umbi. Kulit umbi singkong biasanya dianggap sebagai limbah yang tidak dapat dimanfaatkan (Hartati et al., 2008). Komponen kimia pati yang terkandung dalam kulit singkong yaitu 44-59%. Persentase kulit singkong kurang lebih 20 % dari umbinya sehingga per kg umbi singkong menghasilkan 0,2 kg kulit singkong (Alfian et al., 2020). Dalam 100 g kulit singkong mengandung pati 15-20 gram. Potensi pati kulit singkong yang sangat besar dapat dikembangkan menjadi bioplastik dalam bentuk edible film (Dewi et al., 2015).

Komponen kimia dan gizi dalam 100 g kulit singkong adalah sebagai berikut : pati 74,73 g; protein 8,11 g; serat kasar 15,20 g; pektin 0,22 g; lemak 1,29 g (Putri & Hersoelistyorini, 2012). Selain itu, kandungan pada kulit singkong juga terdapat HCN. Kandungan HCN dalam kulit singkong dapat dikurangi dengan proses penghancuran, perendaman dalam air, pemanasan, atau beberapa proses tradisional yang tujuannya untuk mendetoksifikasi atau

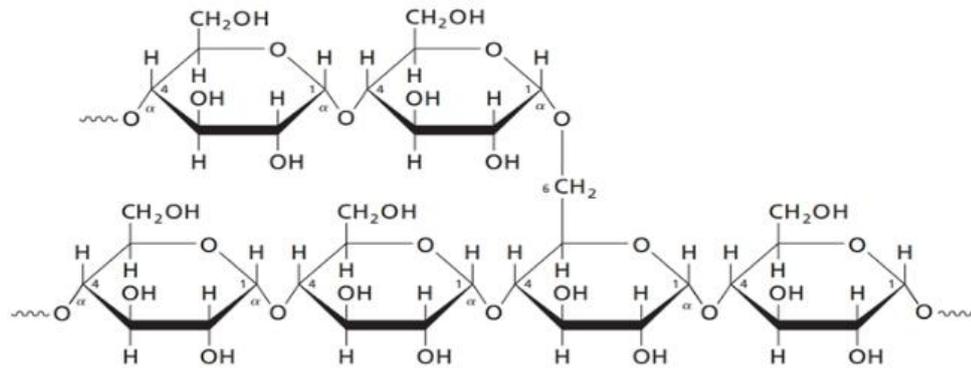
menghilangkan HCN yang mematikan pada semua varietas singkong (Putri & Hersoelistyorini, 2012).

Pati adalah komponen utama dari makanan manusia yang merupakan sumber makanan utama karbohidrat dan merupakan polisakarida penyimpanan paling melimpah pada tumbuhan. Biasanya, dalam pembuatan edible film digunakan bahan utama yaitu polisakarida yang salah satunya berupa pati (Marpongahtun, 2016). Pati adalah zat cadangan makanan utama pada tumbuhan. Pati didapati dalam sel tumbuhan sebagai campuran amilopektin dan amilosa. Pati terdiri dari molekul-molekul glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -(1 \rightarrow 4) glukosa. Amilopektin adalah amilosa yang mempunyai cabang. Cabang polimer dihubungkan ke rantai linier residu melalui ikatan glikosidik α - (1 \rightarrow 6). Percabangan terjadi setiap 25 residu, dan cabang tersebut mengandung sekitar 15 sampai 25 residu glukosa. Amilosa adalah polimer α -D-glukosa linier tidak bercabang. Ikatan glikosida α -(1 \rightarrow 4) menghubungkan amilosa yang terdiri dari 100 hingga 1000 residu α -D-glukosa (Moran *et al.*, 2012).

Amilosa dan amilopektin mempunyai sifat yang berbeda dalam pembentukan kristal dan gel. Pada pembentukan gel, amilosa berperan pada kekuatan dan daya peregangan yang tinggi pada *edible film* yang dihasilkan. Amilosa lebih mudah larut dalam air dibandingkan amilopektin. Struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan yang membentuk tiga dimensi yang dapat mengikat air sehingga menghasilkan gel yang kuat dan menghasilkan film yang lentur dan kuat. Pada karakteristik akhir *edible film* juga dipengaruhi oleh interaksi amilopektin dan plastisizer (Hidayah *et al.*, 2015).



Gambar 2. Struktur Amilosa (Moran et al.,2012)



Gambar 3. Struktur Amilopektin (Moran *et al.*, 2012).

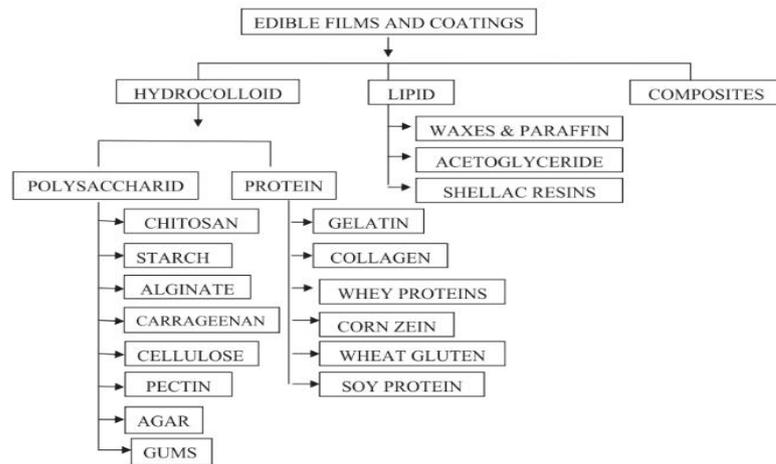
B. Edible Film

Edible film diartikan sebagai plastik pembungkus makanan yang bersifat *biodegradable*, dapat langsung dimakan, dan tidak beracun. Selain, dapat menggantikan plastik sintetik sebagai kemasan, ternyata edible film juga memiliki kualitas yang bagus seperti dapat dimakan, tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, tidak beracun, biokompatibilitas, dan memiliki sifat sebagai penghalang transmisi massa (zat terlarut, uap air, dan oksigen) serta harganya yang ekonomis (Vásconez et al., 2009). Lapisan tipis berupa edible film merupakan bahan kemasan organik yang boleh dimakan langsung pada kemasan makanan, umumnya terbentuk dari beberapa senyawa polisakarida serta turunan lemak. Polisakarida yang dipakai antara lain berasal dari polisakarida pati, film amilosa, turunan monogliserida, rumput laut (agarosa,

karagenan dan alginat), gelatin, dan gum arab. Contoh kemasan edible film adalah permen, sosis, jus buah, kapsul minyak ikan, dan lain-lain.

Polisakarida berupa pati biasanya digunakan sebagai bahan dasar pembentukan edible film. Pati pada umumnya dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan edible film sebagai pengganti polimer plastik, karena mudah diperbaharui, ekonomis, dan memiliki sifat fisik yang bagus (Siregar & Irma, 2012). Edible film merupakan alternatif karena bersifat biodegradable sekaligus bertindak sebagai barrier terhadap transmisi massa (misalnya oksigen, kelembaban, zat terlarut, cahaya dan lipid), sebagai pengangkut bahan makanan dan bahan tambahan, serta untuk mempermudah proses pengelolaan makanan (Perez-gago & Krochta, 2001).

Tiga kelompok komponen pokok pembentuk edible film yaitu hidrokoloid, komposit, dan lemak (Setiani et al., 2013). Edible film dapat dibentuk dari hidrokoloid dan lemak atau campuran keduanya. Beberapa bahan yang digunakan dalam pembentukan edible film adalah hidrokoloid seperti protein (kasein, gluten, gelatin) dan karbohidrat berupa pektin, alginat, dan pati. Sedangkan lemak atau lipid berupa lilin/beewax dan asam lemak. Hidrokoloid merupakan polimer yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksil (-OH). Edible film yang terbuat dari hidrokoloid memiliki sejumlah keunggulan, antara lain memberikan perlindungan antioksidan, karbondioksida, dan lipid yang baik pada produk, serta memiliki sifat mekanis yang diperlukan. Meskipun kerugiannya adalah edible film dari pati tidak menghalangi migrasi uap air (Nofiandi et al., 2016).



Gambar 4. Klasifikasi *edible film* (Paul,2020)

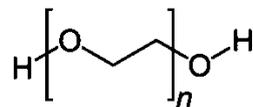
Edible film yang dibentuk dari pati, pada prinsipnya merupakan gelatinisasi molekul pati. Prinsip gelatinisasi biasanya digunakan dalam produksi film berbasis pati. Menambahkan air dalam jumlah tertentu dan memanaskannya pada suhu yang tinggi akan menyebabkan gelatinisasi. Gelatinisasi menyebabkan ikatan amilosa cenderung saling berdekatan satu sama lain karena ikatan hidrogen. Kemudian, proses pengeringan menyebabkan penyusutan sebagai akibat lepasnya air sehingga membentuk gel yang stabil. Gel tersebut akan membentuk edible film (Anita et al., 2013). Edible film yang berbahan dasar polisakarida berupa pati memiliki manfaat untuk mengatur udara sekitarnya dan memberikan kekentalan pada larutan edible film.

Namun, polisakarida memiliki beberapa kekurangan yaitu mudah hancur (bersifat rapuh) dan kurang elastis. Oleh karena itu, dalam pembuatan edible film perlu ditambahkan plastisizer untuk meningkatkan sifat kelenturan pada edible film (Pangestu et al., 2017). Edible film dari pati juga memiliki kelemahan yaitu resistensinya terhadap air rendah dan sifat penghalang terhadap uap air juga rendah. Hal ini dikarenakan, pati bersifat hidrofilik

sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik dan stabilitas edible film. Untuk meningkatkan karakteristik edible film dari pati, perlu dilakukan penambahan zat yang bersifat hidrofobik atau yang memiliki sifat antimikroba. Salah satu biopolimer hidrofobik yang sering digunakan untuk memperbaiki karakteristik edible film dari pati adalah kitosan (Hidayah et al., 2015).

C. Plastisizer Polietilen Glikol (PEG)

Plastisizer merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah yang berfungsi untuk mengurangi kekakuan polimer dan meningkatkan ekstensibilitas dan fleksibilitas polimer. Dalam pembentukan edible film, plasticizer sangat dibutuhkan untuk mendapatkan sifat film yang khusus (Anita et al., 2013). Salah satu plasticizer yang biasanya digunakan yaitu polietilen glikol. Berat molekul rata-rata polietilen glikol adalah 400, yang merupakan cairan kental, agak higroskopis dengan sedikit bau khas. Polietilen glikol merupakan polimer adisi dari etilen glikol yang memiliki berat molekul lebih besar dari 200. Polietilen glikol bersifat larut dalam air, netral, pelarut organik yang tidak mudah menguap, dan tidak beracun. Polimer ini merupakan polimer hidrofilik yang menunjukkan bahwa permukaan zat yang divariasikan PEG akan menjadi hidrofilik (Suyatma et al., 2005).



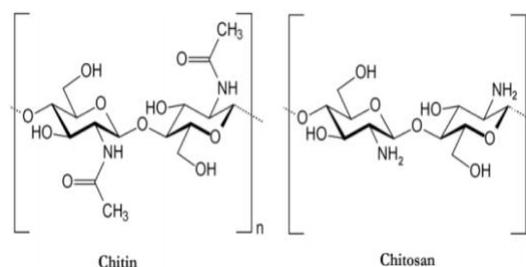
Gambar 5. Struktur Polietilen Glikol

PEG ditambahkan ke dalam larutan edible film sebagai plastisizer. Penambahan PEG sebagai plasticizer bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas atau plastisitas dari polimer serta dapat memperbaiki elastisitas edible film. Selain berfungsi sebagai plasticizer, PEG juga dapat berfungsi

sebagai *antifoaming* yang diperlukan untuk mencegah pembentukan busa akibat pengadukan saat proses pembuatan edible film (Nurminah, 2019). Beberapa senyawa dan polimer bermassa molar rendah telah digunakan sebagai pemlastis, diantaranya polietilen glikol (PEG) terbukti sangat efektif (Barkoula et al., 2008).

D. Kitosan

Kitosan merupakan senyawa turunan kitin yang telah mengalami proses deasetilasi. Kitin adalah senyawa yang menjadi penyusun kulit udang, kulit kepiting dan kulit *crustacea* lainnya (Marlina & Achmad, 2021). Kitosan bersifat tidak beracun dan dapat diuraikan secara alami. Perbedaan antara kitosan dan kitin adalah gugus amina ($-NH_2$) pada posisi C-2 dari kitosan sedangkan pada kitin terdapat gugus asetamida ($-NHCOCH_3$). Kitosan memiliki muatan ion positif yang secara kimia memberikan kemampuan berikatan dengan muatan negatif, yaitu lemak, lipid, kolesterol ion logam, protein dan makromolekul (Supeni & Irawan, 2014). Kitosan merupakan senyawa yang sukar larut dalam air dan H_2SO_4 , sedikit larut dalam HNO_3 dan mudah larut dengan CH_3COOH (Ikhsan et al., 2021).



Gambar 6. Struktur Kitosan (Ikhsan et al., 2021)

Kitosan digunakan sebagai biopolimer pencampur pada edible film untuk meningkatkan sifat mekanik karena dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai 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 (Setiani et al., 2013). Kitosan merupakan produk biologis yang bersifat kationik, nontoksik, biodegradable, dan biokompatibel. Kitosan mempunyai sifat kuat tarik yang tinggi, mudah memanjang, fleksibel, tidak mudah disobek. Sifat biologi kitosan yang menguntungkan yaitu alami, (biodegradable) mudah diuraikan oleh mikroba, biokompatibel artinya sebagai polimer alami sifatnya tidak mempunyai akibat samping, dan tidak beracun (Nurfarjin, 2015).

E. Pengujian Karakterisasi Edible Film

1. Karakterisasi Sifat Mekanik *Edible Film*

Karakteristik *edible film* yang bisa diujikan adalah pengujian sifat fisik dan mekaniknya, sesuai dengan standar dari *Japanese Industrial Standard* tahun 1975 dan standar plastik menurut SNI.

Tabel 1. Standar *Edible Film* menurut (JIS Z1707)

No.	Standar Karakterisasi	(JIS Z1707)
1	Kuat Tarik (Mpa)	3.922 Mpa
2	Modulus elastisitas	0.35 Mpa
3	Persen Elongasi (%)	< 10% buruk > 50% sangat baik
4	Ketebalan film (mm)	0.25 mm

Sifat fisik yang ditampilkan dari edible film, antara lain elongasi dan ketebalan, sedangkan sifat mekanik menampilkan kekuatan edible film untuk menghambat kerusakan dalam proses pengemasan makanan, termasuk laju transfer uap air dan kekuatan tekanan (Perez-gago & Krochta, 2001).

a. Uji Ketebalan

Ketebalan adalah parameter uji untuk mengetahui karakteristik edible film. Ketebalan film yang dapat dimakan akan mempengaruhi permeabilitas udara. Semakin tebal plastik biodegradable, semakin rendah permeabilitasnya dan semakin baik perlindungan produk kemasan. Ketebalan dapat mempengaruhi sifat mekanik plastik biodegradable lainnya, seperti kekuatan tarik dan elongasi. Edible film ini kurang tahan terhadap uap air, akan tetapi tahan terhadap transmisi oksigen dan karbon dioksida (Kurnia & Marwatoen, 2013).

Adapun yang mempengaruhi ketebalan film adalah ukuran cetakan dan konsentrasi zat padat terlarut dalam pembuatan film. Semakin meningkatnya ketebalan lapisan film, maka semakin tinggi pula konsentrasi padatan terlarut yang dibutuhkan. Sehingga umur simpan produk akan semakin lama, maka semakin besar daya tampungnya jika edible film semakin tebal (Perez-gago & Krochta, 2001).

b. Uji Kandungan Air

Kandungan air merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk analisa fisik untuk menentukan jumlah air yang terkandung didalam plastik biodegradable. Penentuan kandungan air bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kualitas dari plastik yang dihasilkan.

c. Uji Ketahanan Air (*swelling test*)

Uji ketahanan edible film terhadap air ditentukan dengan uji swelling yaitu persentase pengembangan plastik oleh adanya air. Uji swelling bertujuan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer dan keteraturan ikatan dalam makro molekul (polimer) yang diperoleh dari persentase penambahan berat polimer sesudah terjadi penggelembungan. Proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang. Edible film memiliki ketahanan terhadap air dengan indikator rendahnya hasil persentase swelling yang dialami bioplastik ketika penambahan kitosan (Marlina & Achmad, 2021).

d. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik merupakan pengukuran yang digunakan untuk mengetahui ukuran kekuatan film tertentu, dengan memperoleh kuat tarik maksimum saat film masih utuh sampai sebelum robek atau putus (Perez-gago & Krochta, 2001). Pengukuran ini memiliki tujuan untuk mencapai gaya tarik maksimum pada setiap bidang film, maka harus diketahui besar gaya yang dibutuhkan. Sifat-sifat dari kuat tarik yaitu kohesi struktural, konsentrasi dan jenis bahan penyusun edible film.

e. Uji Pemanjangan (*Elongitas*)

Kuat pemanjangan atau elongasi adalah perubahan panjang paling tinggi yang diperoleh sampai dengan kondisi film robek atau putus. Perpanjangan dapat menunjukkan fleksibilitas dan kelenturan edible film. Elongasi akan memberikan informasi yang dibutuhkan untuk menentukan karakteristik edible film (Oluwasina et al., 2019).

f. Uji Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas atau modulus young adalah ukuran ketahanan atau kekakuan suatu bahan. Elastisitas akan menunjukkan kekakuan edible film terhadap ekstensibilitas atau tekanan (Oluwasina et al., 2019).

g. Uji Biodegradasi

Menurut (Hidayah et al., 2015), biodegradasi merupakan kerentanan suatu senyawa organik yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Proses degradasi bahan organik dapat terjadi secara aerob dan anaerob. Secara aerob akan menghasilkan CO₂, H₂O, dan unsur hara lainnya, sedangkan secara anaerob akan menghasilkan gas metana, karbondioksida dan air. Plastik biodegradable dapat terurai karena merupakan polimer yang terbuat dari bahan alam atau bahan organik (Alpira, 2018).

2. Karakterisasi Struktur *Edible Film*

a. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Jenis spektroskopi inframerah yang biasanya digunakan adalah fourier transform infrared (FTIR). Spektroskopi inframerah (IR) berfungsi untuk mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam suatu senyawa, namun tidak dapat menentukan ukuran molekul unsur penyusunnya. Dalam spektrum inframerah, sebagian dari radiasi infra merah saat melewati sampel akan terserap oleh sampel dan bagian yang lain ditransmisikan.



Gambar 7. Instrumen FTIR Laboratorium Kimia, FMIPA UNP

Menurut Dachriyanus (2004), spektrofotometer inframerah pada umumnya digunakan untuk:

- 1) Menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik.
- 2) Mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya.

Tabel 2. Daftar bilangan gelombang jenis ikatan (Dachriyanus, 2004)

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
3750 – 3000	O-H dan N-H stretching
3000 - 2700	C-H <i>stretching</i> ($-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, C-H aldehyd)
2400 – 2100	$-\text{C} \equiv \text{C}$ dan $\text{C} \equiv \text{N}$
1900 – 1650	$\text{C} = \text{O}$ (asam, aldehyd, keton, amida, ester)
1675 – 1500	$\text{C} = \text{C}$ <i>stretching</i> (aromatik dan alifatik) dan $\text{C} = \text{N}$
1475 – 1300	C-H bending
1000 – 650	C-X (X= F, Cl, Br, dan I) bending

b. X-ray R (XRD)

Karakterisasi XRD digunakan untuk menentukan struktur kristal menggunakan sinar-X. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan jenis

struktur, ukuran butir, konstanta kisi, dan FWHM. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 400-800 nm .



Gambar 8. X-ray Diffraction (XRD) Laboratorium Fisika, FMIPA UNP

Sinar-X dapat terbentuk jika suatu logam sasaran ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi. Dalam eksperimen digunakan sinar-X yang monokromatis. Difraksi sinar-X dapat memberikan informasi tentang struktur polimer, termasuk tentang keadaan amorf dan kristalin polimer. Polimer dapat mengandung daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah amorf. Difraktogram sinar-X polimer kristalin menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar. Pola hamburan sinar-X juga dapat memberikan informasi tentang konfigurasi rantai dalam kristalit, perkiraan ukuran kristalit, dan perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf (derajat kristalinitas) dalam sampel polimer(Rohaeti,2009).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan:

1. Kondisi optimum penambahan plastisizer PEG pada *edible film* dari pati kulit singkong adalah 4 %.
2. Karakterisasi *edible film* dari pati kulit singkong dengan variasi penambahan kitosan diperoleh nilai maksimum kuat tarik, elastisitas dan ketahanan air yaitu pada penambahan kitosan 1%. Sedangkan, nilai maksimum elongasi pada penambahan kitosan 0,5%. Ketebalan *edible film* semakin meningkat seiring dengan penambahan kitosan. Sedangkan, kandungan air dan biodegradasi semakin menurun seiring dengan penambahan kitosan.
3. Ketebalan, kandungan air, kuat tarik dan elastisitas dari *edible film* yang didapatkan pada penelitian telah memenuhi SNI dan JIS Z1707 *edible film*.

B. Saran

Penelitian ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi menggunakan instrument SEM untuk melihat struktur permukaan pada *edible film* yang terbentuk dan kelayakan *edible film* dari kulit singkong untuk dikonsumsi.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Alfian, A., Wahyuningtyas, D., & Sukmawati, P. D. (2020). Pembuatan Edible Film dari Pati Kulit Singkong Menggunakan Plasticizer Sorbitol dengan Asam Sitrat sebagai Crosslinking Agen. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Alpira, A. (2018). *Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Singkong sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Penambahan Plasticizer Gliserol*. <http://repository.unp.ac.id/id/eprint/24866>
- Anita, Z., Akbar, F., & Harahap, H. (2013). Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 11–15. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1431>
- Barkoula, N. M., Alcock, B., Cabrera, N. O., & Peijs, T. (2008). Flame-Retardancy Properties of Intumescent Ammonium Poly(Phosphate) and Mineral Filler Magnesium Hydroxide in Combination with Graphene. *Polymers and Polymer Composites*, 16(2), 101–113. <https://doi.org/10.1002/pc>
- Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Del Nobile, M. A. (2008). Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88(2), 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.002>
- Darni, Y., Lismeri, L., Hanif, M., Sarkowi, S., & Evaniya, D. S. (2020). Peningkatan Kuat Tarik Bioplastik dengan Filler Microfibrillated Cellulose dari Batang Sorgum. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 18(2), 37. <https://doi.org/10.5614/jtki.2019.18.2.1>
- Dewi, I. G. A. A. M. P. H., Bambang Admadi; Arnata, I., & Arnata. (2015). Pengaruh Campuran Bahan Komposit Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(3), 41–50.
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2018). Pencemaran Lingkungan.
- Epriyanti, N. M. H., Harsojuwono, B. A., & Arnata, I. W. (2016). Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Komposit Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 4(1), 21–30.
- Fathanah, U., Lubis, M. R., Nasution, F., & Masyawi, M. S. (2018). Characterization of bioplastic based from cassava crisp home industrial waste incorporated with chitosan and liquid smoke. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 334(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/334/1/012073>
- Fransiska, D., Giyatmi, G., Irianto, H. E., Darmawan, M., & Melanie, S. (2018). Karakteristik Film k-karaginan dengan Penambahan Plasticizer Polietilen Glikol. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 13(1), 13.