



**SINTESIS *EDIBLE FILM* DARI ONGGOK  
SINGKONG DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN  
YANG TERMODIFIKASI SECARA  
HIDROTERMAL**

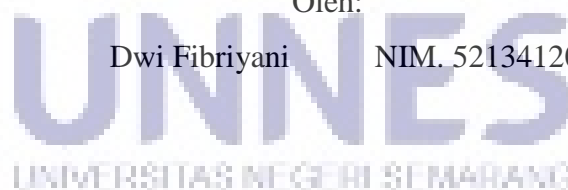
Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
(S.T) Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Oleh:

Dwi Fibriyani

NIM. 5213412007



**PROGAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Dwi Fibriyani NIM : 5213412007

Nama : Fera Arinta NIM : 5213412017

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Judul Skripsi : SINTESIS EDIBLE FILM DARI ONGGOK SINGKONG  
DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN YANG  
TERMODIFIKASI SECARA HIDROTHERMAL

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Teknik Kimia FT. UNNES

Semarang, 18 Juli 2016

Pembimbing,

  
Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T., M.T.

NIP. 197603112000122001

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul *Sintesis Edible Film* dari Onggok Singkong dengan Penambahan Kitosan yang Termodifikasi Secara Hidrotermal telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 26 bulan Juli tahun 2016.

Oleh

Nama : Dwi Fibriyani

NIM : 5213412007

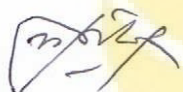
Nama : Fera Arinta

NIM : 5213412017

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Panitia

Ketua Panitia



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.

NIP. 197405191999032001

Sekretaris



Dr. Megawati, S.T., M.T.

NIP. 197211062006042001

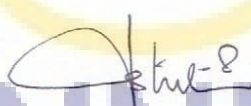
Penguji I



Dr. Megawati, S.T., M.T.

NIP. 197211062006042001

Penguji II



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.

NIP. 197310172000032001

Pembimbing



Dr. Ratna Dewi K., S.T., M.T.

NIP. 197603112000122001

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Nur Qudus M.T.

NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 26 Juli 2016

yang membuat pernyataan,

The image shows the UNNES logo on the left and a 6000 Rupiah postage stamp on the right. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL', '6000', and 'ENAM RIBURUPIAH'. A signature is written over the stamp.

Dwi Fibriyani

NIM. 5213412007

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

“Nothing For Nothing”

“Jika kemalasan sering menghampiri dirimu, ingat ada dua orang yang semakin menua dan wajib kita bahagiakan”



### PERSEMBAHAN

1. Allah SWT
2. Ayah dan Ibuku tercinta
3. Dosen-dosenku
4. Saudara-saudaraku
5. Sahabat-sahabatku
6. Almamaterku.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

Fibriyani, D., & Arinta, F. 2015. *Sintesis Edible Film dari Onggok Singkong dengan Penambahan Kitosan yang Termodifikasi Secara Hidrotermal*. Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing : Dr. Ratna Dewi K, S.T, M.T.

Kata Kunci: *Edible Film*, Pati Onggok Singkong, Kitosan, Modifikasi Hidrotermal.

Limbah onggok singkong merupakan limbah proses pembuatan tepung tapioka dari singkong. Onggok singkong selama ini umumnya dianggap sebagai polutan karena menimbulkan bau asam dan busuk. Disisi lain onggok singkong masih mengandung karbohidrat sehingga dapat diambil patinya, selain itu limbah onggok singkong juga memiliki kandungan amilosa dan amilopektin sebesar 68%. Oleh karena itu untuk meningkatkan nilai tambah dari onggok singkong dilakukan pengambilan patinya yang kemudian digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*.

Pada penelitian ini, pembuatan *edible film* pati onggok singkong menggunakan konsentrasi kitosan 1, 2, 3, 4 dan 5% gr kitosan/ml asam asetat. Setelah dilakukan penambahan kitosan *edible film* yang dihasilkan dilakukan analisa FT-IR, kadar air, *tensile strength*, *elongasi*, dan *water uptake* untuk diperoleh *edible film* terbaik. Selanjutnya dari formulasi penambahan kitosan terbaik dilakukan modifikasi hidrotermal dengan variasi perlakuan waktu dan suhu pada suhu 90, 100, dan 110°C untuk masing-masing waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Sebelum proses modifikasi hidrotermal, kadar air diatur antara 18 – 27% dan pengeringan pada suhu 50°C sampai mencapai kadar air 14%. *Edible film* yang dihasilkan dilakukan analisa FT-IR, kadar air, *tensile strength*, *elongasi*, dan *water uptake* untuk diperoleh karakteristik *edible film* sesuai SNI. Selanjutnya dari hasil *edible film* yang sesuai SNI diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan yaitu pada buah belimbing.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penambahan kitosan menunjukkan terdapat gugus fungsi baru yaitu C-N amida dengan formulasi terbaik yaitu konsentrasi kitosan 3%. Formulasi terbaik dari bahan pembuat *edible film* dengan modifikasi hidrotermal yang diperoleh sesuai SNI diperoleh pada variasi perlakuan suhu 110°C waktu 30 menit, yaitu dengan *tensile strength* 24,99 MPa, *elongasi* 25%, dan *water uptake* 0,01%. Aplikasi *edible film* sebagai pengemas buah belimbing dapat memperpanjang masa simpan buah belimbing sampai dengan 6 hari.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah,

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang
2. Ibu Dr. Ratna Dewi K, S.T., M.T., Dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
3. Ibu Dr. Megawati, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Widi Astuti, S.T., M.T., Dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
4. Bapak Danang S.H, S.Si yang telah memberikan arahan dalam praktikum penelitian Skripsi.
5. Bapak Karyoto, dan Ibu Rukmini serta Bapak Imam Wahyudi, S.Pd dan Ibu Dra. Sri Rahayu Retnoningsih orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
6. Sedulur dan Big Family of Chemical Engeneering 2012 yang telah menemani, memberikan semangat, dukungan dan saran kepada penulis.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juli 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Identifikasi Masalah .....	4
I.3 Pembatasan Masalah .....	4
I.4 Rumusan Masalah .....	5
I.5 Tujuan Penelitian .....	5
I.6 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
II.1 Pati .....	7
II.2 Onggok Singkong .....	8
II.3 <i>Edible Film</i> dengan Bahan Dasar Pati .....	9
II.3.1 Definisi <i>Edible Film</i> .....	9
II.3.2 Komponen Pembentuk <i>Edible Film</i> .....	10
II.3.3 Sintesis <i>Edible Film</i> .....	12
II.3.4 Karakteristika Kimia <i>Edible Film</i> .....	13
II.4 Gliserin Sebagai <i>Plasticizer</i> .....	16
II.5 Kitosan ( <i>2-amino-2-dioksi--D-Glukosa</i> ).....	17



II.6 Modifikasi Hidrotermal (MH) .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	22
III.1 Variabel Penelitian .....	22
III.2 Alat dan Bahan .....	25
III.3 Rangkaian Alat .....	27
III.4 Prosedur Penelitian .....	28
III.4.1 Alur Kerja Penelitian .....	28
III.4.2 Pembuatan Pati Onggok Singkong .....	32
III.4.3 Pembuatan Sediaan Larutan .....	32
III.4.4 Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	32
III.4.5 Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Perlakuan Penambahan kitosan .....	32
III.4.6 Optimasi Waktu Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan MH .....	33
III.4.7 Aplikasi <i>Edible Film</i> sebagai Bahan Pengemas Makanan .....	33
III.5 Teknik Pengumpulan Data .....	33
III.6 Teknik Analisis Data .....	34
III.6.1 Kadar Air .....	34
III.6.2 <i>Tensile Strenght</i> /Kekuatan Renggang dan <i>Elongasi</i> .....	34
III.6.3 Uji Daya Serap ( <i>Water Uptake</i> ) .....	35
III.6.4 Uji FT-IR .....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
IV.1 Deskripsi Data .....	36
IV.2 Analisis Data .....	37
IV.3 Pembahasan .....	37
IV.3.1 Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Katarteristik <i>Edible Film</i> .....	40
IV.3.1.1 Karakteristik FT-IR .....	38
IV.3.1.2 Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap Kadar Air .....	41
IV.3.1.3 Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap <i>Tensile Strenght</i> .. ..	43
IV.3.1.4 Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap <i>Elongasi</i> .....	44
IV.3.1.5 Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap <i>Water Uptake</i> .....	46
IV.3.2 Pengaruh Modifikasi Hidrotermal .....	47

IV.3.2.1 Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap Nilai Kadar <i>Air Edible Film</i> .....	47
IV.3.2.2 Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Tensile strength Edible Film</i> .....	49
IV.3.2.3 Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Elongasi Edible Film</i> .....	50
IV.3.2.4 Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Water Uptake Edible Film</i> .....	51
IV.4 Aplikasi <i>Edible Film</i> Sebagai Pengemas Makanan .....	53
BAB V PENUTUP .....	55
V.1 Simpulan .....	55
V.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	64



## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Sifat Mekanik Plastik sesuai SNI .....	8
Tabel II.2	Kandungan Nutrisi Onggok Singkong .....	9
Tabel II.3	Daerah Gugus Fungsi Analisis FT-IR .....	15
Tabel II.4	Karakteristik Gliserin .....	17
Tabel II.5	Mutu Standar Kitosan .....	18
Tabel II.6	Perbandingan Metode MH dengan <i>Cross Linking</i> .....	21
Tabel III.1	Rancangan Penelitian Pembuatan <i>Edible Film</i> tanpa Penambahan Kitosan.....	23
Tabel III.2	Rancangan Penelitian Optimasi Penambahan Konsentrasi Kitosan pada Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	23
Tabel III.3	Rancangan Penelitian Optimasi Suhu dan Waktu Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan MH.....	24
Tabel III.4	Rancangan Penelitian Aplikasi <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Kitosan yang Termodifikasi Secara Hidrotermal pada Makanan.....	24
Tabel IV.1	Tabel Gugus Fungsi FT-IR tanpa Penambahan Kitosan .....	39
Tabel IV.2	Tabel Gugus Fungsi FT-IR dengan Penambahan Kitosan .....	39
Tabel IV.3	Perbandingan aplikasi <i>Edible Film</i> sebagai Pengemas Makanan	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Susunan Molekul Pati .....	8
Gambar II.2	Komponen Dasar Instrumen FT-IR .....	14
Gambar III.1	Rangkaian Alat Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Menggunakan Hot Plate .....	27
Gambar III.2	Rangkaian Alat Uji Tarik <i>Edible Film</i> .....	27
Gambar III.3	Skema Pembuatan Pati Onggok Singkong .....	28
Gambar III.4	Skema Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	29
Gambar III.5	Skema Pembuatan Larutan Kitosan .....	29
Gambar III.6	Skema Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Kitosan.....	30
Gambar III.7	Skema <i>Edible Film</i> Secara Modifikasi .....	31
Gambar IV.1	Analisis FTIR <i>Edible Film</i> dari Onggok Singkong tanpa dan dengan Penambahan Kitosan .....	38
Gambar IV.2	Pengaruh Konsentrasi Penambahan Kitosan terhadap Kadar Air .....	41
Gambar IV.3	Pengaruh Konsentrasi Penambahan Kitosan terhadap <i>Tensile Strenght</i> .....	43
Gambar IV.4	Pengaruh Konsentrasi Penambahan Kitosan terhadap <i>Elongasi</i> .....	45
Gambar IV.5	Pengaruh Konsentrasi Penambahan Kitosan terhadap <i>Water Uptake</i> .....	46
Gambar IV.6	Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap Kadar Air .....	48
Gambar IV.7	Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Tensile Strenght</i> .....	50
Gambar IV.8	Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Elongasi</i> .....	51
Gambar IV.9	Pengaruh Modifikasi Hidrotermal terhadap <i>Water Uptake</i> ..	52
Gambar IV.10	Aplikasi <i>Edible Film</i> sebagai Pengemas Makanan .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Metode Analisis .....	64
Lampiran 2 Uji <i>Tensile Strength</i> dan <i>Elongasi</i> .....	66
Lampiran 3 Uji <i>Water Uptake</i> / Daya Serap Air .....	69
Lampiran 4 Untuk <i>Edible Film</i> yang Termodifikasi Hidrotermal dengan Variasi Suhu dan Waktu pada 90°C .....	70
Lampiran 5 Analisis Uji <i>Tensile strength</i> dan <i>Elongasi Edible Film</i> dengan Suhu 90°C .....	72
Lampiran 6 Uji <i>Water Uptake</i> / Ketahanan terhadap Air dengan Suhu 90°C .....	74
Lampiran 7 <i>Edible Film</i> yang Termodifikasi Hidrotermal dengan Variasi Suhu dan Waktu pada 100°C .....	76
Lampiran 8 Untuk <i>Edible Film</i> yang Termodifikasi Hidrotermal dengan Variasi Suhu dan Waktu pada 110°C .....	81
Lampiran 9 Perhitungan Pembuatan larutan Asam Asetat 1% .....	87
Lampiran 10 Pembuatan Pati Onggok Singkong .....	88
Lampiran 11 Pembuatan <i>Edible Film</i> tanpa Penambahan Kitosan .....	90
Lampiran 12 Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Kitosan.....	90
Lampiran 13 Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Termodifikasi Hidrotermal...	91
Lampiran 14 Aplikasi <i>Edible Film</i> Sebagai Pengemas Makanan .....	91

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1. LATAR BELAKANG

Limbah plastik sintetik menjadi salah satu permasalahan yang paling memprihatinkan di Indonesia. Jenis plastik yang beredar di masyarakat merupakan plastik sintetik dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Plastik jenis ini tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme atau sukar dirombak secara hayati (*nonbiodegradable*) di lingkungan karena mikroorganisme tidak mampu mengubah jenis plastik yang beredar dan mensintesis enzim yang khusus untuk mendegradasi polimer berbahan dasar petrokimia (Darni, 2008). Plastik sintetik baru dapat terdegradasi dalam waktu 450 hingga 600 tahun (Katz, 1995), sehingga dibutuhkan pengembangan dari plastik yang bersifat ramah lingkungan, bahan baku plastik tersedia dalam jumlah besar, berkelanjutan, dan mempunyai hasil yang berkekuatan sama dengan plastik sintetik. Salah satu pengembangan dari plastik *biodegradable* yaitu *edible film*. *Edible film* merupakan suatu lapisan tipis yang transparan dibuat dari bahan yang dapat dikonsumsi yang merupakan suatu pengembangan sebagai pengemas plastik ramah lingkungan. *Edible film* dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang mengandung protein dan karbohidrat.

Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat *edible film* adalah bahan mengandung pati. Pati mempunyai kandungan karbohidrat cukup tinggi tergantung dari bahan baku dari pembuatan pati. Pati juga tersusun atas molekul amilosa dan amilopektin (Myrna, 1997). Amilosa umumnya digunakan untuk membuat *film* dan gel yang kuat (Garcia dkk., 1998) melaporkan bahwa kandungan amilosa yang tinggi akan membuat *film* menjadi lebih kompak karena amilosa bertanggung jawab terhadap pembentukan matriks *film*. Menurut Krochta (1997), amilosa adalah fraksi yang berperan dalam pembentukan gel serta dapat menghasilkan lapisan tipis (*film*) yang baik dibandingkan dengan amilopektin.

Salah satu bahan baku yang mengandung pati dan memiliki harga relatif murah adalah limbah onggok singkong yang merupakan limbah industri pembuatan tepung tapioka dari singkong. Onggok singkong selama ini umumnya dianggap sebagai polutan karena menimbulkan bau asam dan busuk (Balitnak dalam Mulyono, 2009), sehingga memiliki nilai ekonomi yang rendah. Di sisi lain, onggok singkong masih mengandung karbohidrat sehingga dapat diambil patinya. Selain itu limbah ini juga memiliki kandungan amilosa dan amilopektin sebesar 68% (Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi Indonesia). Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai tambah dari onggok singkong dilakukan pengambilan patinya yang kemudian digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*.

Pemanfaatan pati dari onggok singkong sebagai bahan dasar *edible film* memiliki keunggulan dalam hal biaya jika dibandingkan dengan bahan baku lain seperti protein atau lipida. Selain itu, onggok singkong juga tersedia dalam jumlah yang melimpah. *Edible film* yang disintesis dari pati juga memiliki kelebihan yaitu bersifat dapat dimakan (*edible*), memiliki sifat termoplastik yang baik, memiliki struktur yang kompak, dan kelarutannya rendah (Hugh dan Krochta, 1994; Arvanitoyannis dkk., 1998). Akan tetapi umumnya *edible film* memiliki kelemahan yaitu bersifat rapuh, mudah patah dan kurang lentur (Mali dkk., 2005). Untuk mengatasi kelemahan tersebut maka dapat dilakukan metode untuk memperbaiki karakteristik kimia dan fungsional pati yaitu dengan modifikasi pati.

Salah satu cara modifikasi yang dapat dilakukan adalah secara fisis yaitu dengan metode Modifikasi Hidrotermal (MH). MH merupakan *hydrothermal treatment* dengan mengkondisikan pati dengan kombinasi air dan suhu yang mampu mengubah sifat pati tanpa mengubah kenampakan granula (Collado dan Corke, 1999). Menurut Stute (1992) MH pada pati dilakukan dengan jalan mengkombinasikan kadar air dan suhu pada proses sehingga mengakibatkan perubahan sifat pati. MH dilakukan pada suhu di atas suhu gelatinasi pati (80-120°C) dan dengan kadar air kurang dari 35%. Menurut Earlinger (1996), hasil dari MH juga dipengaruhi oleh suhu dan waktu. Proses modifikasi fisis dengan metode MH telah dilakukan oleh beberapa peneliti di antaranya adalah Kulp dan

Lorenz (1981) pada pati ketela, serta Hoover dan Vasanthan (1994) pada pati jagung, lentil, oat dan ubi jalar (Collado dan Corke, 1999). Modifikasi pati secara fisis memiliki kelebihan yaitu lebih alami dan aman dibandingkan dengan modifikasi kimia.

Modifikasi pati secara fisis melalui MH dalam pembuatan *edible film* telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Berdasarkan penelusuran literatur, metode MH dapat dilakukan pada pati yang berasal dari berbagai jenis bahan baku, misal dari pati kacang merah (Dimas, 2011) serta dari pati ganyong (Maila dkk., 2013). Bahan baku tersebut tergolong mahal dan tidak mudah didapat, oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan pembuatan *edible film* dari bahan baku yang murah dan tersedia dalam jumlah banyak. Sejauh ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai pembuatan *edible film* dari limbah ongkok singkong yang murah dan tersedia dalam jumlah banyak.

Selain harus memiliki karakteristik yang unggul, *edible film* juga harus memiliki transparansi yang baik. Salah satu cara untuk memperbaiki transparansi *edible film* adalah dengan penambahan kitosan dalam formulasinya (Joseph dkk., 2009). Kitosan (2-amino-2-dioksi-D-Glukosa) merupakan senyawa yang tidak beracun serta mudah terbiodegradasi. Kitosan merupakan senyawa polimer dari kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan asam pekat (Peniston dan Johnson, 1980). Kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut asam organik yang memiliki pH di bawah 6, antara lain asam formiat, asam asetat, dan asam laktat. Kelarutan kitosan dalam pelarut asam anorganik sangat terbatas, antara lain sedikit larut dalam larutan HCl 1% tetapi tidak larut dalam air.

Pada penelitian ini akan dilakukan inovasi yaitu penelitian sintesis *edible film* dengan perlakuan MH dan penambahan kitosan. *Edible film* yang diperoleh akan diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan dengan kualitas yang baik. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teknologi tepat guna dalam pengembangan plastik *biodegradable* sebagai *edible film*. Adapun bagi masyarakat, *edible film* yang dihasilkan dapat dijadikan alternatif pengemas plastik ramah lingkungan. Bagi lingkungan hidup, penelitian ini dapat



meningkatkan nilai guna limbah onggok singkong serta pelestarian lingkungan dalam meminimalisir penggunaan sampah sintetik.

### **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Adanya limbah plastik sintetik yang limbahnya tidak dapat diperbaharui dan terbuat dari bahan baku terbatas jumlahnya maka dibutuhkan pengembangan plastik ramah lingkungan, salah satu pengembangannya yaitu pembuatan *edible film* dari pati onggok singkong.
2. *Edible film* bersifat mudah rapuh, mudah patah, dan tidak lentur sehingga dibutuhkan suatu metode untuk memperbaiki karakteristik dari *edible film*.
3. Selain harus memiliki karakteristik yang baik, *edible film* juga harus memiliki transparansi yang baik. Salah satu cara untuk memperbaiki transparansi *edible film* adalah dengan penambahan kitosan dalam formulasinya sehingga dihasilkan *film* plastik yang terbaik dan dapat diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan.

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah pati berbasis onggok singkong dengan menggunakan gliserin sebagai *plasticizer*.
2. Variabel pertama yang digunakan yaitu penambahan kitosan dengan konsentrasi berbeda kemudian dilakukan analisis karakteristik *edible film* untuk didapatkan hasil terbaik.
3. Variabel kedua yang digunakan yaitu metode modifikasi hidrotermal dengan variasi waktu dan suhu. Dari hasil *edible film* terbaik kemudian dilakukan analisis karakteristik *edible film* untuk didapatkan hasil terbaik.

4. Produk yang terbaik adalah *edible film* untuk setiap variasi di analisis karakteristiknya, yang meliputi *tensile strength* (MPa), *elongasi*, kadar air, dan *water uptake*.
5. Produk yang dihasilkan untuk memenuhi SNI, untuk didapatkan *edible film* dengan hasil terbaik yaitu SNI dengan *tensile strength* 24,7-302 MPa, *elongasi* 21-220%, kadar air 14%, dan *water uptake* 0,01%.
6. Mengaplikasikan *edible film* dari pati berbasis onggok singkong sebagai pengemas makanan.

#### **I.4. Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan kitosan dengan perbedaan konsentrasi terhadap karakteristik *edible film*?
2. Bagaimanakah pengaruh suhu dan waktu pada proses modifikasi hidrotermal terhadap karakteristik *edible film*?
3. Bagaimanakah pengaruh *edible film* yang termodifikasi secara hidrotermal dengan penambahan kitosan yang sesuai SNI jika diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan?

#### **I.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan dengan perbedaan konsentrasi terhadap karakteristik *edible film* untuk diperoleh *edible film* sesuai SNI.
2. Mengetahui pengaruh suhu dengan variasi waktu pada proses modifikasi hidrotermal terhadap karakteristik *edible film* untuk diperoleh *edible film* sesuai SNI.
3. Mengetahui pengaruh *edible film* yang termodifikasi secara hidrotermal dengan penambahan kitosan yang sesuai SNI jika diaplikasikan sebagai bahan pengemas makanan.

## I.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan nilai tambah limbah onggok singgok menjadi produk bernilai ekonomis berupa *edible film*
2. Memberikan informasi yang bermanfaat bagi khasanah ilmu pengetahuan mengenai pengaruh penambahan kitosan serta pengaruh suhu dan waktu pada MH pada proses sintesis *edible film* dari onggok singkong terhadap karakteristik produk yang dihasilkan.
3. Memberikan alternatif bahan pengemas makanan yang ramah lingkungan yaitu *edible film* dari limbah onggok singkong.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Pati**

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang banyak terdapat pada tanaman, dan merupakan polimer dari satuan  $\alpha$ -D-glukosa (anhidroglukosa) dengan rumus empiris  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Satuan dasar pati adalah hidroglukosa, pengikatan satuan glukosa satu sama lain berakibat kehilangan satu molekul air yang semula terikat dalam bentuk gugus hidroksil. Pati disusun oleh dua satuan polimer utama yaitu amilosa dan amilopektin.

Molekul amilosa merupakan polimer dari unit-unit glukosa dengan bentuk ikatan  $\alpha$ -1,4- glikosidik, berbentuk rantai lurus, tidak bercabang atau mempunyai struktur heliks yang terdiri dari 200-2000 satuan anhidroglukosa sedangkan amilopektin merupakan polimer unit-unit glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -1,4- glikosidik pada rantai lurus dan ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosidik pada percabangan, terdiri atas 10.000-100.000 satuan anhidroglukosa (Adebowale dan Lewal, 2003).

Menurut Mali dkk., (2004), setiap jenis pati berbeda rasio kandungan amilosa dan amilopektin tergantung pada sumber botaninya. Karakteristik setiap jenis pati dipengaruhi oleh sumber botani, bentuk dan ukuran granula pati, rasio amilosa dan amilopektin, kandungan-kandungan dari komponen non pati, serta struktur kristalin dan amorf. Meyer (1985) mengemukakan bahwa molekul-molekul pati membentuk suatu susunan agregat kristalin yang disebut granula dengan susunan sebagai berikut: a) Susunan teratur amilosa dengan arah jari-jari; b) Daerah amorf terdiri atas amilopektin; dan c) Daerah kristalin tersusun atas molekul-molekul amilosa. Susunan molekul pati dapat dilihat pada Gambar II.1



Gambar II.1. Susunan Molekul Pati (Mali dkk., 2004)

a) Susunan amilosa; b) Daerah amorf; dan c) Daerah kristalin

Adapun sifat-sifat plastik menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel II.1.

Tabel II.1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1.	<i>Tensile strength</i>	Mpa	24,7 – 302
2.	Persen Elongasi	%	21 – 220
3.	<i>Water uptake</i>	%	0,01

Sumber : Darni dan Herti (2010)

## II.2. Onggok Singkong

Onggok (ampas) singkong merupakan limbah padat dari pembuatan tepung tapioka. Proses pengolahan singkong menjadi tepung tapioka, menghasilkan limbah sekitar 2/5 bagian atau sekitar 80% dari bahan mentahnya, limbah ini biasa disebut onggok. Susijahadi (1997) menyatakan bahwa komposisi onggok tepung tapioka sangat bervariasi bergantung pada jenis/varietas singkong, daerah asal, serta cara pengolahan tepung tapioka. Onggok singkong memiliki kandungan pati yang cukup tinggi sebesar 68% (Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi Indonesia). Tabel II.1 menunjukkan nilai nutrisi yang terkandung di dalam onggok singkong.

Tabel II.2 Kandungan Nutrisi Onggok Singkong

Parameter	Komposisi
Karbohidrat	68%
Protein	1,57%
Lemak	0,26%

Sumber : Winarno, (2010)

Menurut Winarno (2010), onggok singkong memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan pati sebagai bahan dasar pembuatan *edible film*. Akan tetapi *edible film* dari pati umumnya memiliki sifat yang kurang elastis dan bersifat hidrofilik sehingga perlu ditambahkan aditif untuk meningkatkan karakteristik mekaniknya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan gliserin sebagai *plasticizer* (pemlatis) dan kitosan dengan tujuan untuk meningkatkan elastisitas dan transparansi *edible film* untuk memperlemah kekakuan dari polimer, misalnya gliserin dan kitosan.

Gliserin merupakan *plasticizer* (pemlatis) juga berperan penting dalam proses platisasi. Prinsip proses platisasi adalah dispersi molekul pemlatis ke dalam polimer. Jika pemlatis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, maka proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer-pemlatis. Karakteristik dan sifat mekanis polimer-pemlatis ini merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi pemlatis. Oleh karena itu, prediksi karakteristik polimer yang terplastisasi dapat dilakukan dengan variasi komposisi pemlatis.

### II.3. *Edible Film* dengan Bahan Dasar Pati

#### II.3.1. Definisi *Edible Film*

*Edible film* menurut Krochta (1997) adalah suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi makanan (*coating*) atau diletakkan diantara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap perpindahan massa (misalnya kelembaban, oksigen, cahaya, lipid, zat terlarut) dan sebagai pembawa bahan tambahan makanan seperti zat

antimikrobia dan antioksidan. Baldwin (1994) dan Wong dkk., (1994) mengatakan bahwa secara teoritis bahan *edible film* harus memiliki sifat-sifat seperti:

1. Menahan kehilangan air bahan pangan.
2. Memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu.
3. Mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan kualitas bahan pangan.
4. Menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet, penambah aroma yang dapat memperbaiki mutu bahan pangan.

*Film* sebagai pengemasan (*edible packaging*) pada dasarnya dibagi atas tiga bentuk pengemasan yaitu:

1. *Edible film* merupakan bahan pengemas yang telah dibentuk terlebih dahulu berupa lapisan tipis (*film*) sebelum digunakan untuk mengemas produk pangan.
2. *Edible coating* berupa pengemas yang dibentuk langsung pada produk dan bahan pangan.
3. Enkapsulasi yaitu suatu aplikasi yang ditujukan untuk membawa komponen-komponen bahan tambahan makanan tertentu untuk meningkatkan penanganan terhadap suatu produk pangan sesuai dengan yang diinginkan.

### II.3.2. Komponen Pembentuk *Edible Film*

Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (campuran). Kelompok hidrokoloid yang banyak digunakan adalah protein (gelatin, kasein, protein kedele, protein jagung dan gluten gandum) dan karbohidrat (pati, alginat, pektin, gum arab dan modifikasi karbohidrat lainnya), lipid yang digunakan misalnya lilin/wax, asil gliserin dan asam lemak. Sedangkan komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokolid dan lipid (Danhowe dan Fennema, 1994). Menurut Krochta dkk., (1994), hidrokoloid digunakan sebagai *edible film* untuk produk pangan yang tidak sensitif terhadap uap air.

Hidrokoloid dapat mencegah reaksi-reaksi kerusakan pada produk pangan dengan jalan menghambat gas-gas reaktif terutama oksigen dan karbon dioksida. Bahan ini juga tahan terhadap lemak karena sifatnya yang polar. Sebagian *edible film* yang berasal dari bahan hidrokoloid dapat dilarutkan, dengan demikian sangat baik diterapkan pada produk-produk yang memerlukan perebusan/pengukusan sebelum digunakan. *Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid mempunyai kelebihan diantaranya untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta meningkatkan kekuatan fisik. Kelemahan *film* dari karbohidrat adalah tingkat ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya, sedangkan *film* dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH.

*Edible film* dari lipid mempunyai kelebihan yaitu baik digunakan untuk melindungi penguapan air atau sebagai bahan pelapis untuk mengoles produk konfeksioneri, sedangkan kekurangannya yaitu kegunaan dalam bentuk murni sebagai *film* terbatas karena kekurangan integritas dan ketahanannya. *Edible film* dari komposit (gabungan hidrokoloid dan lipid) dapat meningkatkan kelebihan dari *film* hidrokoloid dan lipid serta mengurangi kelemahannya (Danhowe dan Fennema, 1994). Menurut Gontard (1993) *edible film* mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan pengemas sintetik yang tidak dapat dimakan yaitu:

1. Jika *film* tidak dikonsumsi, *film* tersebut dapat didaur ulang atau dapat terdegradasi oleh mikroorganisme.
2. *Film* dapat berfungsi sebagai suplemen gizi pada makanan terutama *film* yang dibuat dengan bahan dasar yang memiliki kandungan nutrisi tinggi.
3. *Film* sangat baik digunakan untuk mikro enkapsulasi aroma bahan makanan dan dapat memperbaiki sifat-sifat organoleptik makanan yang dikemas dengan memberi variasi komponen (pewarna, pemanis, pemberi aroma) yang menyatu dengan makanan.
4. *Film* dapat digunakan sebagai pengemas satuan (individu) untuk bahan makanan yang berukuran kecil seperti kacang, biji-bijian, dan strawberry.
5. *Edible film* dapat diterapkan pada sistem pengemasan berlapis-lapis dengan *edible film* sebagai pengemas bagian dalam dan pengemas *nonedible* di



bagian luar. Kemampuan *edible film* dalam menjalankan fungsi-fungsinya tersebut tergantung pada sifat-karakteristiknya.

### II.3.3. Sintesis *Edible Film*

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sintesis *edible film* antara lain:

a. Suhu

Perlakuan panas diperlukan untuk membentuk pati tergelatinasi sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal *edible film*. Suhu pemanasan pati akan menentukan sifat mekanik *edible film* yang sintesis dari onggok singkong. Suhu pemanasan akan menentukan tingkat gelatinisasi yang terjadi yang pada akhirnya dan selanjutnya menentukan karakteristik dari pasta yang terbentuk.

b. *Plasticizer* dan bahan aditif lain

Komposisi *plasticizer* dan bahan aditif lain yang ditambahkan ke dalam formula *edible film* akan berpengaruh terhadap sifat film yang terbentuk dari onggok singkong. Bahan-bahan tersebut akan berinteraksi dengan pati. Contoh dari *plasticizer* yaitu gliserin dan sorbitol. Pada penelitian ini digunakan gliserin sebagai *plasticizer* yang berfungsi untuk mengatasi sifat rapuh lapisan *film*. Gliserin merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak selain jumlahnya yang banyak gliserin juga cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak inter molekuler.

Dalam formulasi *edible film* juga diperlukan aditif untuk memperbaiki karakteristik *edible film*, salah satu karakteristik yang perlu diperbaiki adalah transparansi *edible film*. Aditif yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut adalah aditif yang mudah terbiodegradasi. Contoh aditif yang dapat digunakan adalah kitosan, kitosan dipilih karena apa tidak baracun dan mudah terbiodegradasi.

### II.3.4. Karakteristika-Kimia *Edible Film*

a. *Tensile Strength* (N/Cm<sup>2</sup>) / Kekuatan Renggang Putus (%)

*Tensile Strength* adalah ukuran untuk kekuatan *film*. Secara spesifik, *tensile strength* dapat didefinisikan sebagai tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai

*film* tetap bertahan sebelum putus/sobek (Krochta dan Mulder-johnston, 1997). Pengukuran ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area *film*. Sifat *tensile strength* tergantung pada komposisi dan jenis bahan penyusun *edible film*, terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk menentukan kuat atau tidaknya ikatan antar rantai molekul antar rantai polimer.

#### **b. Elongasi**

Xu dkk., (2005) menyatakan bahwa *film* dengan bahan dasar pati bersifat rapuh karena adanya amilosa. Oleh karena itu semakin tinggi komposisi pati akan menurunkan fleksibilitas *film* yang dihasilkan. Menurut Chick dan Hernandez (2002), meningkatnya kadar air akan menurunkan *tensile strength film* yang tidak mengandung wax dan polisakarida dalam komponennya, tetapi dengan adanya komponen wax dan polisakarida akan meningkatkan *tensile strength* serta menurunkan *elongation*. Sedangkan menurut Cheng dkk., (2006) bahwa peningkatan komposisi gliserin dan sorbitol tidak memberi pengaruh secara signifikan terhadap *tensile strength film*, tetapi meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas *film*.

#### **c. Uji Ketahanan Air *Edible Film* dengan Uji Daya Serap Air (*Water uptake*)**

Uji ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui prosentase penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Proses terdifusinya molekul pelarut ke dalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang (Pereda M dkk., 2007)

**d. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)**

FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) 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 menunjukkan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel. Manfaat data yang dapat diketahui dari data analisis FT-IR menunjukkan identifikasi material yang tidak diketahui dan menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran (Thermo, 2001).

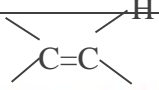

Karakterisasi gugus ujung dapat dilakukan dengan menggunakan FTIR. Spektroskopi FTIR dapat menganalisis gugus ujung suatu senyawa dengan hasil analisis yang lebih baik dari pada sistem IR konvensional, termasuk dalam hal sensitivitas, kecepatan analisis, dan peningkatan pengolahan data. Komponen dasar instrumen FTIR ditunjukkan secara skematis pada Gambar II.2 berikut ini.



Gambar II.2 Gambar Komponen Dasar Instrumen FT-IR

Kegunaan dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan mengenai molekul serapan tiap tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-O, C=C, C-C, C=N, dan sebagainya) dan hanya dapat diperoleh dalam bagian-bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi inframerah.

Tabel II.3 Tabel Daerah Gugus Fungsi Analisis FT-IR

<b>Ikatan</b>	<b>Tipe Senyawa</b>	<b>Daerah Frekuensi (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Intensitas</b>
C-H	Alkana	2850-2970	Kuat
		1340-1470	Kuat
C-H	Alkena 	3010-3095	Sedang
		675-995	Kuat
C-H	Alkuna 	3300	Kuat
C-H	Cincin aromatik	3010-3100	Sedang
		690-900	Kuat
O-H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3590-3650	Berubah-ubah
		3200-3600	Berubah-ubah, terkadang melebar
		3500-3650	Sedang
		2500-2700	Melebar
N-H	Amina, amida	3300-3500	Sedang
C=C	Alkena	1610-1580	Berubah-ubah
C=C	Cincin aromatic	1500-1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100-2260	Berubah-ubah
C-N	Amina, amida	1180-1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210-2280	Kuat
		Alkohol, ester, asam karboksilat, ester	1050-1300
C=O	Aldehid, keton, asam karboksilat, ester	1690-1760	Kuat
NO <sub>2</sub>	Senyawa nitro	1500-1570	Kuat
		1300-1370	Kuat

Sumber : Sastrohamidjojo, 1991

Hampir semua senyawa, termasuk senyawa organik, menyerap dalam daerah inframerah. Agar senyawa bentuk padat dapat dianalisis pada daerah inframerah, maka senyawa tersebut harus dibuat film, dilebur, atau dihancurkan menjadi cairan yang kental (*mull*), didispersikan dalam senyawa pelarut organik menjadi bentuk cakram, atau dilarutkan dalam berbagai pelarut. Polimer organik dapat dibuat dalam bentuk film dengan cara melarutkannya dalam pelarut yang sesuai kemudian dicetak diantara dua pelat kaca setelah dilarutkan dalam pelarut yang cocok (Sastrohamidjojo, 1992).

#### II.4. Gliserin Sebagai *Plasticizer*

*Plasticizer* adalah salah satu komponen bahan dasar pembuatan *edible film* yang berfungsi untuk mengatasi sifat rapuh lapisan *film*. Menurut Gulbert dan Biquet, (1996) ada beberapa jenis *plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* yaitu: a) mono, di-, dan oligosakarida; b) poliol (seperti gliserin dan turunannya, polietilen glikol, sorbitol); dan c) lipid dan turunannya (asam lemak, monogliserida dan esternya, asetogliserida, fosfolipida dan *emulsifier* lain). *Edible film* membutuhkan *plasticizer* dengan berat molekul rendah untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanannya, dengan cara menginterupsi interaksi rantai polimer dan menurunkan suhu *Transition Glass* (Brody, 2005).

Menurut Winarno, (1992) gliserin adalah senyawa alkohol polihidrat (polyol) dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul atau disebut alkohol trivalen. Rumus kimia gliserin adalah  $C_3H_8O_3$ . Berat molekul gliserin 92,10, massa jenisnya  $1,23 \text{ g/cm}^3$ , dan titik didihnya  $204^\circ\text{C}$ . Gliserin mempunyai sifat mudah larut air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, dan menurunkan *Water Activity* (Aw) (Lindsay, 1985).

Gliserin merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak antar molekul. Secara teoritis *plasticizer* dapat menurunkan gaya internal diantara rantai polimer, sehingga akan menurunkan tingkat kegetasan dan meningkatkan permeabilitas terhadap uap air (Gontard dkk., 1993).

Rodriguez dkk., (2006) menambahkan bahwa gliserin merupakan *plastizicer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk *film* yang bersifat hidrofilik seperti pati. Senyawa ini dapat meningkatkan sorpsi molekul polar seperti air.

Gliserin berperan sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas *film* (Gontard dkk., 1993; Mali dkk., 2005; Bertuzi dkk., 2007). Molekul *plastizicer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi inter molekuler, dan meningkatkan mobilitas polimer. Hal ini mengakibatkan peningkatan *elongation* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan meningkatnya komposisi gliserin. Penurunan interaksi inter molekuler dan peningkatan mobilitas molekul akan mempermudah migrasi molekul uap air (Rodriguez dkk., 2006).

Tabel II.4 Tabel Karakteristik Gliserin

Karakteristik	
Nama IUPAC	Propana 1,2,3 triol
Nama Lain	Gliserin, 1,2,3 propanetriol, 1,2,3 tritydroxypropana, glyceritol, glycy alcohol
Rumus kimia	$C_3H_5(OH)_3$
Berat molekul	92,09382 g/mol
Densitas	1,261 g/ml
Viskositas	1,5 Pa.s
Titik leleh	17,8 °C (64,2°F)
Titik nyala	290 °C (554°F)

(Sumber : Wales, 2010)

## II.5. Kitosan ( 2-amino-2-dioksi--D-Glukosa)

Kitosan merupakan senyawa yang tidak beracun serta mudah terbiodegradasi. Berat molekul kitosan adalah sekitar  $1,2 \times 10^3$ , tergantung pada degradasi yang terjadi selama proses deasetilasi (Hargono dan Budiyati, 2007). Kitosan mempunyai potensi untuk dimanfaatkan pada berbagai jenis industri maupun aplikasi pada bidang kesehatan. Salah satu contoh aplikasi kitosan yaitu

sebagai pengikat bahan-bahan untuk pembentukan alat-alat gelas, plastik, karet, dan selulosa yang sering disebut dengan formulasi adesif khusus.

Pemanfaatan kitosan sebagai bahan tambahan pada pembuatan film plastik berfungsi untuk memperbaiki transparansi film plastik yang dihasilkan (Joseph dkk., 2009). Besarnya nilai parameter standar yang dikehendaki untuk kitosan dalam dunia perdagangan dapat dilihat pada Tabel II.3. Kitosan merupakan senyawa polimer yang dapat dihasilkan dari kitin yang dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan asam pekat (Peniston dan Johnson, 1980).

Secara umum, kitin dengan derajat deasetilasi di atas 70% disebut sebagai kitosan. Saat ini kitosan mempunyai banyak sekali kegunaan, antara lain dalam bidang kesehatan, pengolahan air, membran, hidrogel, perekat, antioksidan, dan pengemas makanan (Honarkar dan Barlkani, 2009). Kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut asam organik di bawah pH 6 antara lain asam formiat, asam asetat, dan asam laktat. Kelarutan kitosan dalam pelarut asam anorganik sangat terbatas, antara lain sedikit larut dalam larutan HCl 1% tetapi tidak larut.

Tabel II.5 Mutu Standar Kitosan

Sifat-sifat Kitosan	Nilai baku mutu
Bentuk partikel	Butiran bubuk
Kadar air (% w)	< 10
Kadar abu (% w)	>2
Derajat deasetilasi (DD)	70
Viskositas (cP)	
Rendah	< 200
Sedang	200 – 799
Tinggi	800 – 2000
Paling tinggi	>2000

Sumber : Proton Laboratories Inc. (1987) dalam Agustini dan Sedjati (2007)

## II.6. Modifikasi Hidrotermal (MH)

Penggunaan pati alami dalam industri pangan sangat terbatas, (Polnaya, 2006) hal ini disebabkan karena granula pati alami hidrasinya lambat dan sukar tergelatinasi pada suhu rendah. Stabilitas viskositas pasta pati rendah, tidak tahan terhadap panas pengolahan yang tinggi, kurang tahan terhadap pengadukan selama dan sesudah pemasakan, dan tidak tahan terhadap pH pangan yang rendah (Smith, 1982). Bila pati alami dipanaskan hingga tergelatinasi dan pengadukan terus dilakukan pada suhu tinggi dan pH rendah maka terjadi penurunan viskositas pasta yang sangat besar. Penurunan viskositas ini terjadi sebagai akibat adanya kerusakan atau melemahnya ikatan hidrogen granula pati, yang berfungsi untuk mempertahankan integritas granula pati.

Mason (2004) mengemukakan beberapa kerugian atau kelemahan pati alami seperti: 1) Sensitif terhadap *shear*. Pati alami yang dimasak akan kehilangan viskositasnya dan menjadi kohesif ketika pati diperlakukan dengan pemanasan tinggi dan tekanan mekanik; 2) Sensitif terhadap asam: makanan jika mengandung asam akan mudah rusak, contohnya viskositas pati alami mengalami penurunan selama penyimpanan jika berkontaminasi dengan asam; 3) Stabilitas rendah. Setelah dimasak, pati alami mengalami rekristalisasi atau regelatinasi, sehingga menyebabkan sineresis, *gelling*, *graininess*, dan buram. Fenomena ini lebih lanjut terjadi apabila mendapat perlakuan pembekuan dan pencairan; 4) Viskositas tidak konsisten dan sangat tergantung terhadap jenis tanaman, daerah dan tahun; dan 5) Kelarutan rendah.

Untuk mengatasi kekurangan dan kelemahan sifat-sifat pati alami dalam memenuhi kebutuhan terhadap pati bagi industri pangan maupun non pangan dengan sifat-sifat fungsional yang makin luas, dapat dilakukan modifikasi pati secara kimiawi dan fisis (FAO, 1989; Kearsley dan Sicard, 1989). Dengan modifikasi pati, sifat-sifat fungsional pati alami dapat ditingkatkan, diperbaiki, maupun dikontrol sesuai dengan kebutuhan. Proses modifikasi fisis dapat dilakukan dengan cara MH. Metode ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya adalah Kulp dan Lorenz (1981) pada pati ketela, Hoover dan Vasanthan (1994) pada pati jagung, lentil, oat dan ubi jalar, serta Collado dan Corke (1999)



pada ubi jalar. Menurut Stute (1992) modifikasi pati secara MH dilakukan dengan mengkombinasikan antara kadar air dan panas akan mengakibatkan perubahan sifat-sifat pati.

MH dilakukan pada suhu diatas suhu gelatinisasi pati (80-120°C) dan dengan kadar air kurang dari 35%. Menurut Collado dan Corke (1999), pada MH, pati dikondisikan pada suhu tinggi dengan kandungan air sekitar 18-27%. Menurut Earlinger dkk., (1996) hasil dari MH juga dipengaruhi oleh suhu dan waktu. MH merupakan *hydrothermal treatment* dengan mengkondisikan pati dengan kombinasi air dan suhu yang mampu mengubah sifat pati tanpa mengubah kenampakan granula (Collado dan Corke, 1999). Modifikasi tersebut dapat menyebabkan terjadinya pengaturan kembali dan peningkatan derajat asosiasi rantai molekul penyusun pati. Keadaan ini didukung dengan melelehnya daerah kristalin kemudian pembentukan daerah kristalin lagi atau terjadi reorientasi.

Perubahan molekul pada pati tersebut berdampak nyata terhadap sifat reologi pati, yaitu adanya perubahan suhu gelatinasi, kapasitas menyerap air, dan sifat pasta yang dihasilkan. Perlakuan MH akan menyebabkan struktur kristalin amilosa lebih kuat dalam granula yang berfungsi untuk mencegah penggelembungan granula sehingga akan menyebabkan peningkatan gaya kohesi dalam granula pati dan akan mengakibatkan penurunan pelarutan padatan. Sifat kristalin pati dapat diketahui dengan menggunakan metode difraksi sinar X. Difraksi sinar X melibatkan penggunaan teknologi sinar X (Pomeranz dan Meloan, 2000 dalam Zondag, 2003). Sifat kristalin pati terbagi menjadi empat jenis, yaitu tipe A, B, C, dan V. (Shelton dan Lee, 2000; dalam Zondag, 2003). Pembagian ini menentukan bagaimana granula beraksi terhadap kondisi proses.

Tipe kristalin yang pertama adalah tipe A, tipe A dapat ditemukan pada pati sereal yang mempunyai amilosa kurang dari 40% dan mengandung daerah kristalin dengan struktur heliks amilopektin yang paralel. Tipe B ditemukan pada umbi, akar, dan pati dengan amilosa tinggi, serta pati yang telah mengalami regelatinasi setelah pemrosesan dan mengandung daerah kristalin struktur heliks amilopektin yang paralel. Perbedaan utama antara tipe A dan B adalah adanya peningkatan molekul air pada pati tipe B. Tipe A mengandung 8 molekul air dan

tipe B mengandung 36 molekul air. (Stute, 1992). Tipe C dianggap sebagai gabungan dari tipe A dan B, sedangkan tipe V ditemukan pada granula yang mengandung sejumlah besar amilosa yang mempunyai ikatan kompleks dengan lemak (Jacobs dan Delcour, 1998; dalam Zondag, 2003).

Proses MH terhadap granula pati yang basah mengubah beberapa sifat-sifatnya, khususnya suhu gelatinisasi, kapasitas penyerapan air, dan karakteristik pastanya. Pada pati kentang, pola sinar X berubah dari B menjadi A, ketika mendapatkan perlakuan panas dengan uap yang bersuhu 90 – 110°C selama 2 – 18 jam, ataupun dipanaskan pada kadar air 27% dengan suhu 90 – 100°C hingga 16 jam. Perubahan pola sinar X pati kentang dari B menjadi A menunjukkan kristalin pati telah meleleh dan mengalami kristalisasi kembali atau setidaknya mengalami perubahan orientasi secara signifikan.

Pada proses MH terjadi pelelehan kristalin, dan setelah pendinginan diasumsikan pati mengalami bentuk yang lebih stabil dan berikatan sangat erat dibandingkan dengan granula asli (French, 1984; dalam Whistler dkk., 1984). Salah satu keuntungan modifikasi fisik ini adalah hasil modifikasi pati dianggap lebih alami dan aman jika dibandingkan dengan modifikasi secara kimia.

Salah satu contoh modifikasi secara kimia pada *edible film* yaitu modifikasi ikatan silang (*Cross Linking*). Pembentukan ikatan silang dapat dilakukan dengan mereaksikan dengan pereaksi multifungsional, seperti POCl<sub>3</sub>. Adapun Perbandingan Metode Modifikasi Hidrotermal dengan *Cross Linking* ditunjukkan pada tabel 11.6

Tabel II.6 Perbandingan Metode Modifikasi Hidrotermal dengan *Cross Linking*

Modifikasi Hidrotermal	Modifikasi <i>Cross Linking</i>
Modifikasi secara fisik Kombinasi air dan suhu tinggi yang mampu mengubah sifat pati tanpa mengubah kenampakan granula (Dimas, 2011)	Modifikasi secara kimia, yaitu apabila dipanaskan dalam air, ikatan hidrogen akan melemah atau hancur (Santoso dkk, 2011)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1. Simpulan**

Dalam penelitian didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Formulasi terbaik diperoleh dengan penambahan kitosan pada konsentrasi 3%
2. *Edible film* pati onggok singkong yang terbaik pada penelitian ini adalah *edible film* dengan modifikasi hidrotermal variasi perlakuan suhu 110°C waktu 30 menit. Pada kondisi tersebut diperoleh *edible film* dengan karakter yang memenuhi standar SNI, yaitu dengan nilai *tensile strength* 24,99 MPa, *elongasi* 25%, dan *water uptake* 0,01%.
3. Aplikasi *edible film* sebagai pengemas buah belimbing dapat memperpanjang masa simpan buah belimbing sampai dengan 6 hari.

#### **V.I. Saran**

Dalam penelitian didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Perlu adanya penelitian sintesis *edible film* lanjutan seperti bahan baku yang berbeda dan variasi massa pati.
2. Perlu dilakukan aplikasi *edible film* sebagai pengemas makanan dengan bahan yang berbeda.

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O. & O.S. Lawal. 2003. *Microstructure, Functional Properties and Retrogradation Behaviour of Mucuna Bean (Mucuna pruriens) Starch on Heat Moisture Treatments*. Jurnal Food Hydrocolloid 17: 265-316.
- Amalia, R.R & Putri, W. D. R. 2014. *Karakterisasi Edible Film Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih Sebagai Antibakteri*. Jurnal Pangan dan Agroindustri 2(3): 43-53.
- AOAC. 1995. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. AOAC Inc. Arlington.
- Agnia, P.S. 2014. “*Aplikasi Kitosan Pada Buah Belimbing (Averrhoa Carambola L.) Dalam Kemasan Aktif Untuk Mempertahankan Mutu Dan Memperpanjang Masa Simpan Buah*” Fakultas Pertanian Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Ban, W., Song, J., Argyropoulos, D. S. & Lucia L. A. 2005. *Improving the physical and chemical functionality of Starch – Derived Films with Biopolymers*. Journal of Applied Polymer Science 100: 2542-2548.
- Bukori, Akhmad. 2011. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Tepung Jali (Cixlacryma-jobi L.)*. Skripsi. Unniversitas Negeri Sebelas Maret.
- Campos, C.A., Gerchenson, L.N., & Flores, S.K. 2011. *Development of Edible Film and Coating with Antimicrobial Activity*. Jurnal Food Bioproses Technol 4: 849-875.

- Collado L.S, dkk. 1999. *Bihon Type Noodles From Heat Moisture Treated Sweet Potato Starch*. Jurnal Food Science 66(4): 604-609.
- Collado, Lilia S. & Corke, H. 1999. *Heat-Moisture Treatment Effects on Sweetpotato Starches Differing in Amylose Content*. Journal Food Chemistry. 65: 339-346.
- Dallan, P. R. M. Moreira, P. DA Luz., Petinari, L., Malmonge, S. M., Beppu, M. M., Genari, S. C. & Moraes, A. M. 2006. *Effects of Chitosan Solution Concentration and Incorporation of Chitin and Glycerol on Dense Chitosan Membrana Properties*. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: 394-405.
- Darni, Y & Utami, H. 2010. *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 7(4): 88-93.
- Dimas, D.A.K. 2011. *Pengaruh Regelatinasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah (Vigna Angularis Sp.)* Universitas Diponegoro.
- Donhowe, I.G. & O. Fennema. 1994. *Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods*. Academic. Press Inc. London.
- Fibriyani, D., & Arinta, F. 2015. *Pengolahan Onggok Singkong Sebagai Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Gliserin dari Minyak Jelantah*. Laporan Penelitian Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Flieger, M. 2002. *Biodegradable Plastik From Renewable Sources*. Review Jurnal Institut of Microbiology, Academy of Sciences of the Czech Republic. Czechia.
- French, D. 1984. *Organization of Starch Granules*. In: Whistler, R.L., J.N. Bemiller dan E.F. Paschall (eds). 1984. *Starch: Chemistry and Technology*. 2nd ed. (pp):183-248. Academic Press Inc. Toronto. Tokyo.
- Garcia, M.A., M.N. Martino, & N.E. Zaritzky. 2000. *Lipid Addition To Improve Barrier Properties Of Edible Film Starch-Based Film and Coatings*. Jurnal Food Science. 65(6): 941-947.
- Gontard, N., Guilbert, S. & Cuq, J.L. 1993. *Edible Wheat film : Influence of The main Process Variables on Film Properties of An Edible Wheat Gluten Film*. Jurnal Food Science 58(1): 206-211.
- Hayati, N. & Agusman. 2011. *Edible Film Kitosan dari Limbah Udang Sebagai Pengemas Pangan Ramah Lingkungan*. Jurnal Penelitian. 6(1). Balai Besar Riset Pengolahan Periode dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.
- Hoover, R & Vasanthan, T. 1994. *The Flow Properties of Native, Heat Moisture Thermal and Annealed Starch From Wheat, Oat, Potato and Lentil*. Jurnal Food Biochem. 18:67-82.
- Howard, L.R. & Dewi, T. 1995. *Sensory, Microbiological and Chemical Quality of Mini-Peeled Carrots as Affected by Edible Coating Treatment*. Jurnal Food Science 60(1): 142-144.
- Indriyanto, I., Wahyuni, S., & Prajojo, W. 2014. *Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable*. Jurnal of Chemical Science. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Joseph, C.S., Prasthanth, K. V. H., Rastogi, N. K., Indiramma, A. R. 2009. *Optimum Blend of Chitosan and Poly-(E-Caprolactone) for Fabrication of Films for Food Packaging Applications*. Journal Food Bioprocess Technol. 4: 1179-1185.
- Karina, A. R., S. Trisnowati dan D. Indrawan. 2012. *Pengaruh Macam dan Kadar Kitosan Terhadap Umur Simpan dan Mutu Buah Srowberi (Fragaria X Ananassa Duch.)*. Jurnal Teknologi Pangan USU. 1 (3): 1-7.
- Krisna, D. D. A. 2011. *Pengaruh Regelatinasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Karakteristik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah (Figna angularis sp.)*. Tesis Universitas Diponegoro. Semarang.
- Krochta, J.M., E.A. Baldwin, & M.O. Nisperos-Carriedo. 1994. *Edible Coatings and Films To Improve Food Quality*. (pp):1-24. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster-Basel. USA.
- Krochta, J.W., & De Mulder-Johton, C. 1997. *Edible And Biodegradable Polymer Film: Challenges And Opportunities*. Jurnal Food Tech 51(2): 61-74.
- Kurniawan, D, S.Trisnowati, dan S.Muhartini. 2013. *Pengaruh macam dan kadar kitosan terhadap pematangan dan mutu buah sawo (Manilkara zapota (L.) Van Royen)*. Jurnal Vegetalika 2 (2) : 21-30.
- Kuswandari, N. Y., Anastria, O., & Wardani, D. H. 2013. *Karakterisasi Fisik Pati Gayong Termodifikasi Secara Hidrotermal*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri 2(4): 132-136. Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- Lorenz, K. Kulp, K. 1982. *Cereal and root Starch Modification by Heat-Moisture Treatment*. I Physcio-chemical properties Starch/Starke. 34: 50-54.

- Lorenz, K. & Kulp, K. 1981. *Heat-Moisture of Starches. II. Functional Properties and Baking Potential*. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Maghfiroh., Sumarni, W., & Susatyo, E. B. 2013. *Sintesis Dan Karakterisasi Edible Film Kitosan Termodifikasi Pva Dan Sorbitol*. *Indonesian Journal Of Chemical Science* 2(1). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- McHugh, T.H., & Krochta, J.M. 1994. *Plasticized Whey Protein Edible Film: Water Vapor Permeability Properties*. *Journal Of food Science*: 59(2).
- Mali, S., M.V.E. Grossmann, M.A. Garcia, M.N. Martino, & N.E. Zaritzky. 2005. *Mechanical and Thermal Properties of Yam Starch Films*. *Jurnal Food Hydrocolloids* 19: 157-164.
- Maila, Y.K., Anastria, O., Wardhani, D. H. 2013. *Karakteristik Fisik Pati Ganyong (Canna edulis Kerr) Termodifikasi Secara Hidrotermal*. *Jurnal Teknologi kimia dan Industri*. 2(4): 132-136.
- Meyer, H., 1985. *Food Chemistry*. Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Novita, M. ; Satriana, M; Syarfah, R ; Etria, H. 2012. *Pengaruh Pelapisan Kitosan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tomat Segar. (Lycopersicum pyriforme) Pada Berbagai Tingkat Kematangan*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesian*. 4(3).
- Nurfajrin, Z. D., 2015. *Karakterisasi Dan Sifat Biodegradasi Edible Film Dari Pati Kulit Pisang Nangka (Musa Paradisiaca L.) Dengan Penambahan Kitosan Dan Plasticizer Gliserol*. Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN Veteran. Yogyakarta.



- Omah, N. 2013. *Uji Ketahanan Biodegradable Plastik Berbasis Tepung Biji Durian Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya*. Skripsi Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Pereda, M., Marcovich, N. E., & Aranguren, M.I. 2007. *Water Vapor Absorption And Permeability Of Films Based On Chitosan And Sodium Caseinate*. San Nicolas 4. Universidad Nacional De Mar Del Plata.
- Poinaya, F.J., Haryadi & Marseno, D.W. 2006. *Karakterisasi Edible Film Pati Sago Alami dan Termodifikasi*. Jurnal Agritek 26(3). Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Yogyakarta.
- Polnaya, F.J. 2006. *Kegunaan Pati Sago Alami dan Termodifikasi Serta Karakteristiknya*. Jurnal Agro Forestri 1(3): 51. Fakultas Pertanian Unpati. Ambon.
- Purwanti, A. 2010. *Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol*. Jurnal Teknologi 3 : 99-100. Teknik Kimia Institut Sains dan Teknologi Akprind Jogjakarta. Jogjakarta.
- Rodriguez, M., Oses Javier, Ziani Khalid, Mete Juan I. 2006. *Combined Effect of Plastizers and Surfactants on the Physical Properties of Starch Based Edible Film*. Jurnal Food Research International 39: pp 840-646.
- Romadloniah, F. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Onggok Singkong dengan Plasticizer Sorbitol*. Skripsi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.

- Sanjaya, M. H., & Puspita, T. *Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong*. Laporan Penelitian Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., & Pambayun, R. 2011. *Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Universitas Sriwijaya.
- Saputra, G. P. A., & Noerochim, L. 2014. *Pengaruh Waktu Hidrotermal pada Proses Sintesis Litium Mangan Oksida Spinel*. Jurnal Teknik Pomits 3(2). Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya.
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. 2013. *Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan*. Valensi 3 (2): 100-109. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J.M. 2008. *“Food hydrocolloid Edible Films and Coating”*. Departement of Food Science and Technology. (34): 1-34
- Smith, P.S. 1982. *Starch Derivatives and Their Use in Foods*. In : Lineback, D.R. dan Paschall, G.E. 1982. Food Carbohydrates. (eds) avi Publishing CoMPany. Inc. Westport. Connecticut.
- Stute, R. 1992. *Hydrothermal Modification of Starches: The Difference Between Annealing and Heat Moisture Treatment*. Starch 44: 205-214. Academic Press. New York.

Whistler, R.L. J.N. Bemiller & E.F. Paschall. 1984. *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press. Inc. Toronto. Tokyo.

Yuniarti, L., Hutomo, G.S., & Rohim, A. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati dan Sagu*. Jurnal Agrotekbis. Fakultas Pertanian Universitas Tadulaku Palu. Palu.

Yuli, D., Chici A., Sri Ismiyati D. 2008. *Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II. Universitas Lampung.

Zondag, M.D. 2003. *Effect of Microwave Heat-Moisture and Annealing Treatments on Buckwheat Starch Characteristics*. Research Paper, University of Wisconsin.

