

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (CASSAVA)
DENGAN METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI
UNTUK PEMBUATAN *EDIBLE FILM***



OLEH :

ACHMAD MAULANA YUSUF	1514042
ARBY MALIK HABIBIE	1514048

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
JAKARTA
2018**

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (CASSAVA)
DENGAN METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI
UNTUK PEMBUATAN *EDIBLE FILM***

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

ACHMAD MAULANA YUSUF	1514042
ARBY MALIK HABIBIE	1514048

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
JAKARTA
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SEMINAR
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

POLITEKNIK STMI JAKARTA KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (*CASSAVA*) DENGAN
METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI UNTUK
PEMBUATAN *EDIBLE FILM*.

DISUSUN OLEH :

NAMA : 1. ACHMAD MAULANA YUSUF
2. ARBY MALIK HABIBIE

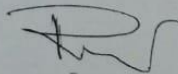
NIM : 1. 1514042
2. 1514048

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi
Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2018

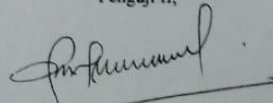
Penguji I,



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

NIP. 195609101984032002

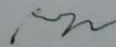
Penguji II,



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM

NIP. 195702141985031002

Pembimbing,



Ir. Roosmarharso, MBA

NIP. 195405231980031004

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SIDANG
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

JUDUL PENELITIAN

PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (CASSAVA) DENGAN
METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI UNTUK PEMBUATAN
EDIBLE FILM

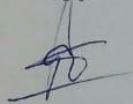
DISUSUN OLEH:

NAMA : 1. ACMAD MAULANA YUSUF
2. ARBY MALIK HABIBIE
NIM : 1. 1514042
2. 1514048
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politenik STMI Jakarta pada hari Jum'at, 07 September 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji I



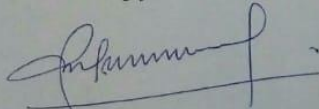
Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 1982100120140220001

Penguji II



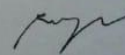
Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji III



Ir. Parulian Leonard, M. MM
NIP. 195702141985031002

Penguji IV



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN :

PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (*CASSAVA*) DENGAN
METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI UNTUK PEMBUATAN
EDIBLE FILM

DISUSUN OLEH :

NAMA : ACHMAD MAULANA YUSUF

NIM : 1514042

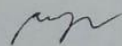
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2018

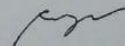
Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN :

PENGARUH MODIFIKASI PATI TAPIOKA (*CASSAVA*) DENGAN
METODE ASETILASI DAN METODE OKSIDASI UNTUK PEMBUATAN
EDIBLE FILM

DISUSUN OLEH :

NAMA : ACHMAD MAULANA YUSUF
ARBY MALIK HABIBIE

NIM : 1514042
1514048

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Agustus 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing



Dr. Dewi Sondari, M.Si
NIP.1968102319970320002

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : *01/4* /SJ-IND.7.2/VI/2018
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : **Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018**

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada
Yth. Bapak Ir. Roosmarharso, MBA
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Achmad Maulana Yusuf**
No. Induk : **1514042**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pengaruh Modifikasi Pati Tapioka (Cassava) dengan Metode Asetilasi dan Oksidasi untuk Pembuatan Edible Film . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



Dr. Mustofa, ST, MT

NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal



SAI GLOBAL CERTIFICATION SERVICES Pty.Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727



Nomor : *01/SJ-IND.7.2/1/2018*
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : **Penugasan Proses**

Jakarta, 31 Januari 2018

Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Kepada
Yth. Bapak **Ir. Roosmariharso, MBA**
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Arby Malik Habibie**
No. Induk : **1514048**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pengaruh Modifikasi Pati Tapioka (Cassava) dengan Metode Asetilasi dan Oksidasi untuk Pembuatan Edible Film. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



Direktur,

Dr. Mustofa, ST, MT

NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

HALAMAN SURAT PENGAJUAN TUGAS AKHIR PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 021/SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Penelitian LIPI KIMIA
Gedung 452 Kawasan Puspitek Serpong
Tangerang Selatan, Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Achmad Maulana Yusuf	1514042	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Pembantu Direktur I,

Dr. Rizky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal



Nomor : 022/SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Penelitian LIPI KIMIA
Gedung 452 Kawasan Puspitek Serpong
Tangerang Selatan, Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Arby Malik Habibie	1514048	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Dr. Rizky Kemanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:












1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

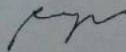
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Achmad Maulana Yusuf / Arby Malik Habibie
 NIM : 1514042 / 1514048
 Judul TA Penelitian : "Pengaruh Modifikasi Pati Tapioka (*Cassava*)
 Dengan Metode Asetilasi dan Metode Oksidasi
 Untuk Pembuatan *Edible Film*"
 Pembimbing : Ir. Roosmariharso, MBA

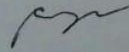
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
5/7/2018	BAB I	- Revisi Rumusan Masalah - Revisi Tujuan Penelitian	
6/7/2018	BAB II	- Acc BAB I - Revisian Tinjauan Pustaka	
10/7/2018	BAB II BAB III	- Acc BAB II - Revisi Penulisan alat dan Bahan - Revisi variabel - Revisi Diagram Penelitian	 
13/7/2018	BAB III BAB IV	- Acc BAB III - Revisi grafik hasil - Revisi Pembahasan FTIR	 
19/7/2018	BAB IV	- Revisi Tabel Rekapitulasi - Revisi Pembahasan Rekapitulasi	
20/7/2018	BAB IV	- Revisi grafik swelling power dan kelarutan	
25/7/2018	BAB IV BAB V	- Acc BAB IV - Revisi kesimpulan	 
26/7/2018	Abstrak	- Revisi Abstrak	
31/7/2018	PPT	- Revisi PPT	
1/8/2018	PPT	- Acc PPT	

Mengetahui
 Ketua Program Studi Teknik Kimia
 Polimer

Pembimbing,



Ir. Roosmariharso, MBA
 NIP. 195405231980031004



Ir. Roosmariharso, MBA
 NIP. 195405231980031004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia :

Nama : Achmad Maulana Yusuf

NIM : 1514042

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul Pengaruh Modifikasi Pati Tapioka (*Cassava*) Dengan Metode Asetilasi Dan Metode Oksidasi Untuk Pembuatan *Edible Film* :

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami. Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang



Achmad Maulana Yusuf

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia :

Nama : Arby Malik Habibie

NIM : 1514048

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul Pengaruh Modifikasi Pati Tapioka (*Cassava*) Dengan Metode Asetilasi Dan Metode Oksidasi Untuk Pembuatan *Edible Film* :

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami. Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir Penelitian kami ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang M



Arby Malik Habibie

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini dilakukan diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya;
2. Orang tua kami yang selalu memberikan doa dan dukungan;
3. Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta;
4. Ir. Rossmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta;
5. Ir. Roosmariharso, MBA selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan kami dalam penyusunan skripsi ini;
6. Dosen-dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, atas segala ilmu yang diberikan;
7. Dr. Dewi Sondari, M.Si selaku pembimbing kami di Pusat Penelitian Kimia LIPI, Serpong;
8. Para peneliti di Pusat Penelitian Kimia LIPI Serpong yang turut membantu pelaksanaan penelitian;
9. Asisten Peneliti di Pusat Penellitian Kimia LIPI Serpong yang mendampingi kami pada pelaksanaan penelitian;
10. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan; serta
11. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penulisan laporan ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penulis untuk menyemprnakan laporan ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Agustus 2018

Penulis

Abstrak

Indonesia menghasilkan sampah plastik sebesar 5,4 juta ton per tahun, plastik berbahan baku minyak bumi sulit terurai sehingga menumpuk dan mencemari lingkungan. *Edible film* adalah plastik kemasan berbahan baku pati yang ramah lingkungan dan dapat dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi pati tapioka dengan metode asetilasi dan metode oksidasi, mengetahui sifat fisika dan sifat kimia dari pati tapioka (*Cassava*) dan pati tapioka termodifikasi, serta mengetahui kadar air, *contact angle*, dan komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka (*Cassava*) dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi. Metode asetilasi menggunakan reagen asetat anhidrida dan modifikasi oksidasi menggunakan reagen hidrogen peroksida. Metode asetilasi dengan variasi asetat anhidrida 45 ml merupakan variasi untuk pembuatan *edible film*, karena hasil *swelling power* 16,53%, kelarutan 5,88%, temperatur gelatinisasi 49°C, kadar amilosa 18,14%, dan derajat substitusi 0,1052%. Variasi hidrogen peroksida 1% merupakan variasi untuk pembuatan *edible film*, karena hasil *swelling power* 15,59%, kelarutan 2,84%, temperatur gelatinisasi 66°C, kadar amilosa 5,56%, dan kadar karboksil 1,19%. *Edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi menunjukkan kadar air yang lebih rendah sebesar 0,25% dibandingkan dengan *edible film* lainnya. *Edible film* berbasis pati tapioka menunjukkan sudut kontak yang lebih kecil sebesar 40,75° dari *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi sebesar 66,36°. Hasil komposisi kimia menggunakan alat FTIR pada *edible film* berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi hanya gugus amida, gugus hidrokarbon alkana dan alkena sedangkan untuk *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi hanya gugus amida, gugus hidrokarbon alkana, alkena, dan cicin aromatik.

Kata kunci : pati tapioka, pati termodifikasi, metode asetilasi, metode oksidasi *edible film*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENEKESAHAN PENGUJI SEMINAR.....	ii
LEMBAR PENEKESAHAN PENGUJI SIDANG.....	iii
LEMBAR PENEKESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENEKESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN	v
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING	vi
HALAMAN SURAT PENGAJUAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	viii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	x
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
ABSTRAK	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Peneltian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Polimer Alam	6
2.2 Pati.....	6
2.2.1 Pati Sukun	6
2.2.2 Pati Sagu	7
2.2.3 Pati Tapioka	8

2.3	Pati Termodifikasi	8
2.3.1	Modifikasi Asetilasi	9
2.3.2	Modifikasi Oksidasi	9
2.7	Bahan Pemodifikasi Asetilasi dan Oksidasi	10
2.7.1	Asetat Anhidrida Untuk Modifikasi Asetilasi.....	10
2.7.2	Hidrogen Peroksida Untuk Modifikasi Oksidasi	11
2.8	Pembuatan <i>Edible film</i>	11
2.9	<i>Edible film</i>	12
2.10	Pengujian Fisika dan Kimia	13
2.10.1	<i>Swelling Power</i> dan Kelarutan	13
2.10.2	Kadar Amilosa	13
2.10.3	Temperatur Gelatinisasi	14
2.10.4	Kadar Karboksil	14
2.10.5	Derajat Substitusi.....	14
2.11	Pengujian <i>Edible film</i>	14
2.11.1	Kadar Air.....	14
2.11.2	<i>Contact Angle</i>	15
2.11.3	Komposisi Kimia	16
BAB III METODE PENELITIAN		16
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2	Alat dan Bahan	16
3.2.1	Alat.....	16
3.2.2	Bahan.....	17
3.3	Variabel	17
3.3.1	Variabel Tetap.....	17
3.3.2	Variabel Bebas	18
3.4	Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1	Diagram Alir	20
3.5	Metode Modifikasi.....	21
3.5.1	Pengujian Fisika dan Kimia dari Pati Tapioka Termodifikasi	21
3.5.2	Pembuatan <i>Edible film</i>	24

3.5.3	Pengujian <i>Edible film</i>	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Sifat Fisikokimia Berbasis Pati Tapioka (<i>Cassava</i>) dan Pati Tapioka Termodifikasi	26
4.1.1	<i>Swelling power</i> dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	26
4.1.2	<i>Swelling power</i> dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi.....	27
4.1.3	Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	28
4.1.4	Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi.....	29
4.1.5	Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	30
4.1.6	Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	30
4.1.7	Derajat Substitusi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	31
4.1.8	Kadar Karboksil Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	32
4.2	Kandungan Air <i>Edible film</i> Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi	34
4.3	<i>Contact Angel Edible film</i> dari Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi	35
4.4	Komposisi Kimia <i>Edible film</i>	35
4.4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>Edible film</i> Pati Tapioka.....	36
4.4.2	Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>Edible film</i> Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	37
4.4.3	Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>Edible film</i> Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi.....	38
4.5	Rekapitulasi Hasil Pengujian Pati Tapioka dan <i>Edible film</i>	39
BAB V KESIMPULAN		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		43
DAFTAR LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pati Sukun	7
Gambar 2.2 Pati Sagu.....	8
Gambar 2.3 Reaksi Antara Pati Tapioka dan Hidrogen Peroksida	9
Gambar 2.4 Rumus Struktur Asetat Anhidrida	10
Gambar 2.5 Rumus Struktur Hidrogen Peroksida.....	11
Gambar 2.6 Rumus Struktur Gliserol.....	12
Gambar 2.7 Rumus Struktur Amilosa.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian <i>Edible film</i> Berbasis Pati Tapioka.....	19
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian <i>Edible film</i> Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi	20
Gambar 4.1 <i>Swelling Power</i> dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	26
Gambar 4.2 <i>Swelling Power</i> dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	27
Gambar 4.3 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	28
Gambar 4.4 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	29
Gambar 4.5 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	30
Gambar 4.6 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	30
Gambar 4.7 Derajat Substitusi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	31
Gambar 4.8 Kadar Karboksil Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	32
Gambar 4.9 (a) Sudut kontak film pati tapioka (b) Sudut kontak film pati tapioka termodifikasi oksidasi (c) Sudut kontak film pati tapioka termodifikasi asetilasi.....	34
Gambar 4.10 Spektrum Inframerah <i>Edible Film</i> Berbasis Pati Tapioka	36
Gambar 4.11 Spektrum Inframerah <i>Edible film</i> Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	37
Gambar 4.12 Spektrum Inframerah <i>Edible film</i> Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ikatan dan Absorpsi Inframerah.....	15
Tabel 3.1 Variasi Larutan H ₂ O ₂ dan C ₄ H ₆ O ₃	18
Tabel 3.2 Variasi Larutan Gliserol.....	18
Tabel 4.1 Kadar Air Dari Film Pati Tapioka Dan Pati Tapioka Termodifikasi .	33
Tabel 4.2 Rekapitulasi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi.....	38
Tabel 4.3 Rekapitulasi Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi.....	39
Tabel 4.4 <i>Contact Angle Edible film</i>	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki produksi sampah plastik sebesar 5,4 juta ton per tahun dimana Indonesia menduduki peringkat kedua penghasil sampah domestik, sumber tersebut dari Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat (www.kemenperin.go.id). Plastik memiliki sifat yang kuat, tidak pecah, fleksibel serta baik untuk menahan terhadap oksigen, uap air dan karbondioksida. Selain itu plastik memiliki kelemahan pada sifat yang berdampak negatif seperti, tidak mudah terurai, kurang aman untuk pengemas dan tidak dapat dimakan. Plastik tersebut terbuat dari minyak bumi yang jumlahnya semakin terbatas. Akibatnya, plastik akan menumpuk dan terjadi pencemaran terhadap lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian mengenai bahan pengemas yang dapat mudah terurai (*biodegradable*) dan dapat dimakan (*edible*) (Henrique dkk, 2007).

Plastik *biodegradable* disebut juga dengan biopolimer, yaitu plastik yang terbuat berasal dari bahan baku yang dapat diperbarui. Pada umumnya, kemasan *biodegradable* adalah film kemasan yang ramah terhadap lingkungan dan dapat didaur ulang serta dapat dihancurkan secara alami (Coniwanti dkk, 2014). *Edible film* adalah salah satu plastik kemasan yang terbuat dari pati yang menggantikan plastik dari minyak bumi, karena ekonomis, dapat diperbarui, mudah terurai dan dapat dikonsumsi. Kemasan makanan yang bergizi dan karakteristiknya higienis pada saat penyimpanan dan pemasaran perlu dipelajari lebih lanjut. Kemajuan yang baik dalam teknologi untuk film sintetis dan mendukung pemanfaatannya di industri makanan (Bourtoom, 2008). *Edible film* dan *coating* pada umumnya berdasarkan material biologis seperti protein, lipida, dan polisakarida. Polisakarida yang dapat digunakan sebagai *edible coating* antara lain pati dan turunannya, selulosa dan turunannya, kitosan, pektin, alginat, dan gum (Tzoumaki dkk, 2009).

Pati adalah bahan baku yang tepat untuk pembentukan matriks dan memiliki biaya yang murah untuk dijadikan bahan baku. Amilosa yang akan berpengaruh pada pembentukan matriks film (Garcia dkk, 2000). Pati terdiri dari dua makromolekul utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah polimer linier pada dasarnya yang terdiri dari unit linear (α -1,4) sedangkan amilopektin α -1,6-bercabang (Cui, 1999). Pati yang banyak fruktan terdistribusi, adalah salah satu cadangan energi alam. Pati merupakan sebuah butiran yang mengandung karbohidrat yang di simpan di berbagai lokasi pabrik dalam bentuk granula yaitu bola, ellipsoid, poligon, trombosit dan tubulus tidak beraturan (Zobel, 1988). Pati yang berubah sifatnya menjadi lebih baik dengan adanya perlakuan tertentu disebut pati termodifikasi. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul dari yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatik (Koswara, 2006). Beberapa peneliti terdahulu yang telah melakukan penelitian mengenai modifikasi pati untuk pembuatan *edible film* yaitu Chattopadhyay dkk (1997) mengenai oksidasi pati jagung untuk pembuatan film, Aini dan Hariyandi (2007) mengenai pati jagung putih *waxy* dan *non waxy* yang dimodifikasi secara oksidasi dan asetilasi-oksidasi, Coniwanti dkk (2014) menggunakan pati jagung dengan penambahan kitosan untuk pembuatan *edible film*, Pietrzyk dkk (2017) mengenai modifikasi pati jagung dengan metode oksidasi dan metode asetilasi, Moreno dkk (2017) mengenai pembuatan *edible film* dengan bahan baku pati jagung dengan tambahan gelatin yang dioksidasi.

Pada penelitian ini dikaji pembuatan *edible film* dari pati tapioka untuk pengemas makanan. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi pati tapioka dengan metode asetilasi dan metode oksidasi, mengetahui sifat fisika dan sifat kimia dari pati tapioka (*Cassava*) dan pati tapioka termodifikasi, serta mengetahui kadar air, *contact angle*, dan komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka (*Cassava*) dan *edible film* berbasis tapioka termodifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan permasalahan untuk penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh modifikasi pati tapioka dengan metode asetilasi dan metode oksidasi?
2. Bagaimana sifat fisika dan sifat kimia dari pati tapioka (*Cassava*) dan pati tapioka termodifikasi?
3. Bagaimana kadar air, *contact angle* dan komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka (*Cassava*) dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian *swelling power*, kelarutan, gelatinisasi dan amilosa pada pati tapioka dan pati termodifikasi.
2. Metode asetilasi menggunakan senyawa asetat anhidrida dan metode oksidasi menggunakan senyawa hidrogen peroksida
3. Metode asetilasi yang dilakukan adalah variasi 7,5ml, 15ml, 30ml, dan 45 ml asetat anhidrida.
4. Metode oksidasi yang dilakukan adalah variasi 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% hidrogen peroksida.
5. Pembuatan *edible film* menggunakan bahan aditif yaitu gliserol sebagai *plastisizer*.
6. Pengujian kadar air pada *edible film* menggunakan metode dari Genevois *dkk* (2016).
7. Pengujian *contact angle* pada *edible film* dilakukan model pengukur sudut kontak *CAM-PLUS MICRO* (Tantec Inc., USA).
8. Pengujian komposisi kimia pada *edible film* dilakukan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared (FTIR) Nicolet iS10*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu untuk :

1. Mengetahui pengaruh modifikasi pati tapioka dengan metode asetilasi dan metode oksidasi.

2. Mengetahui sifat fisika dan sifat kimia dari pati tapioka (*Cassava*) dan pati tapioka termodifikasi.
3. Mengetahui kadar air, *contact angle* dan komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka (*Cassava*) dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi pengaruh modifikasi pati tapioka dengan metode asetilasi dan metode oksidasi.
2. Memberikan Informasi mengenai sifat fisika dan sifat kimia dari pati tapioka (*Cassava*) dan pati tapioka termodifikasi.
3. Memberikan informasi kadar air, *contact angle* dan komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka (*Cassava*) dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi.

1.6 Sistematika Penelitian

Pada sistematika penelitian merupakan gambaran keseluruhan penelitian. Dalam sistematika penelitian ini terdapat lima bab yang saling berhubungan. Susunan kelima bab tersebut dijabarkan di bawah ini sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang dilaksanakannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari dilaksanakan penelitian, serta penjabaran mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat teori polimer alam, pati, pati sukun, pati sagu, pati tapioka, pati termodifikasi, modifikasi asetilasi, modifikasi oksidasi, asetat anhidrida, hidrogen peroksida, pembuatan *edible*, gliserol, *edible film*, *swelling power* dan kelarutan, kadar amilosa, temperatur gelatinisasi, karboksil, derajat substitusi, *contact angle*, kadar air, komposisi kimia.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mengenai waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan pada proses dan pengujian selama penelitian, variabel penelitian,

prosedur penelitian pembuatan *edible film* pati tapioka dan pati tapioka termodifikasi meliputi metode penelitian dan langkah-langkah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian pati tapioka, pati tapioka termodifikasi, dan *edible film*, pengolahan ataupun analisis data yang dapat berbentuk tabel serta gambar yang memuat hasil pengujian mengenai jawaban dari rumusan masalah pada BAB I.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran, kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijelaskan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk menjawab permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditunjukkan kepada para peneliti selanjutnya dan menjadi referensi peneliti lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer Alam

Polimer alam adalah gabungan monomer organik secara alami seperti pati, karet, kitosan, selulosa, protein dan lignin. Industri saat ini memiliki ketertarikan dengan polimer alam karena berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui dan dapat diuraikan (*biodegradable*), mempunyai sifat mekanis yang baik, dan ekonomis. Saat ini, peneliti banyak yang membahas tentang polimer alam untuk menghasilkan film (plastik) yang dapat menggantikan keberadaan plastik sintetik dan sulit terurai (Coniwanti, 2014).

2.2 Pati

Pati adalah salah satu jenis polisakarida yang menjadi sumber energy utama dari tumbuhan. Pati terdiri dari amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer linier yang terdiri dari monomer α - (1 \rightarrow 4) -D-glukopiranosil. Amilopektin merupakan polimer yang berat molekulnya tinggi dan mengandung gugus utama amilosa dengan cabang D-glukopiranosil yang dihubungkan oleh α - (1 \rightarrow 6) ikatan glikosidik. Karena sifatnya yang dominan linear, amilosa berhubungan dengan pembentukan film, relatif kuat, dan berbeda dengan film amilopektin yang rapuh dan tidak kontinu (Robertson, 2013).

2.2.1 Pati Sukun

Sukun (*Artocarpus astilis*) merupakan salah satu tanaman yang tersebar di Polinesia, Pasifik dan Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Sumber bahan pangan lokal yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia adalah buah sukun. Buah sukun biasanya dapat dipanen dua kali setahun, yaitu pada bulan Januari-Februari dan bulan Agustus-September. (Budiyati dkk, 2016). Akan tetapi, pemanfaatan buah sukun kelemahannya pada daya simpan buahnya. Buah sukun masak tidak bisa disimpan terlalu lama karena cepat membusuk (Adebowale, 2005).

Oleh karena itu, perlu di tingkatkan pemanfaatan buah sukun dengan mengolahnya menjadi produk yang lebih mudah pada penyimpanannya, yaitu menjadi pati sukun (Budiyati dkk, 2016). Walaupun memiliki nilai kelarutan

dalam air (*water solubility*/WS) yang cukup baik (55,27 g/100g), namun pati buah sukun memiliki nilai daya bengkak (*swelling power*) yang rendah (1,55 g/g), sehingga tidak dapat dipergunakan sebagai bahan dasar film (Adebowale, 2005). Secara teoritik, komposisi kandungan amilosa dan amilopektin ini akan mempengaruhi sifat fungsional dari pati sukun yaitu nilai *swelling power* dan *water solubility* (Budiyati dkk, 2016).



Gambar 2.1 Pati Sukun

Sumber: <http://bpatp.litbang.pertanian.go.id/>.

2.2.2 Pati Sagu

Tepung sagu diperoleh dari batang pohon sagu, dan dalam produksi energi makanan, ia mengungguli tepung lainnya (Cui, 1997). Pati sagu merupakan salah satu bentuk karbohidrat yang dapat diaplikasikan secara luas dalam berbagai industri dan sangat tergantung pada karakteristik fisikokimia dan fungsionalnya. Karakteristik fisikokimia pati secara spesifik bergantung pada sumber asal dan cara pengolahannya, misalnya bentuk dan ukuran granula pati, warna, serta komposisi amilosa dan amilopektinnya. Komponen amilosa berkaitan dengan daya serap air dan kesempurnaan proses gelatinisasi produk, sedangkan komponen amilopektin akan sangat menentukan *swelling power* dan kelarutan pati. Kandungan amilosa yang tinggi juga berpotensi digunakan sebagai bahan baku produk-produk instan. Salah satu karakteristik penting produk-produk instan adalah kemampuan rehidrasi produk (Jading dkk, 2011). Komponen zat gizi pati sagu seperti lemak dan protein juga tergolong rendah (Palguna dkk, 2014)



Gambar 2.2 Pati sagu

Sumber: <http://pascapanen.litbang.pertanian.go.id/>.

2.2.3 Pati Tapioka

Tanaman singkong termasuk tanaman tropis yang berasal dari Brazil (Amerika Selatan). Pada tahun 1968, Indonesia adalah negara penghasil ubi kayu terbesar ke-5 di dunia. Singkong memiliki banyak kegunaannya, seperti dalam memenuhi kehidupan sehari-hari, makanan ternak, dan sebagai bahan baku di industri. Ubi kayu/singkong adalah bahan baku pembuatan dari pati tapioka, dengan cara mengekstrak ubi – ubi tersebut dan kemudian akan dipisahkan patinya. Pati tapioka mempunyai banyak manfaatnya sebagai bahan baku ataupun campuran lainnya berbagai produk yang dapat diolah kembali dan membuat makanan, bahan perekat, dan banyak makanan tradisional yang menggunakan tapioka sebagai bahan bakunya serta bahan pengental, bahan pengisi, bahan pengikat industri makanan olahan (Suprpti, 2005). Dibandingkan dengan tepung jagung, kentang dan gandum atau terigu, komposisi zat gizi tepung tapioka cukup baik (Rochaeni, 2007).

2.3 Pati Termodifikasi

Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah melalui suatu reaksi kimia atau dengan mengubah struktur asalnya. Pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan menghasilkan sifat yang lebih baik dari sifat sebelumnya. Perlakuan ini dapat menggunakan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru

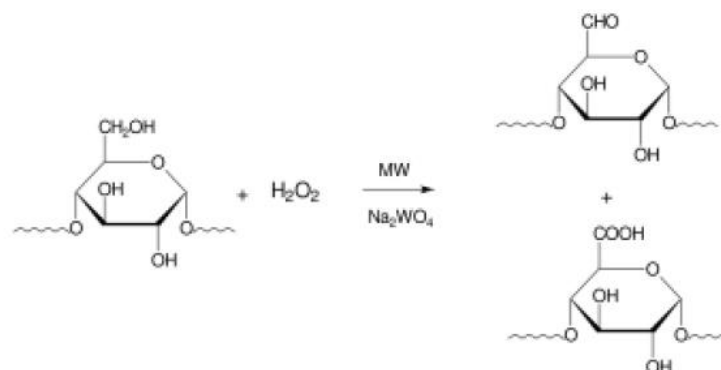
atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati. Pati dapat dimodifikasi melalui cara hidrolisis, oksidasi, *cross-linking* atau *cross bonding* dan substitusi (Koswara, 2006).

2.3.1 Modifikasi Asetilasi

Menurut Vilpoux dan Averous (2006), Modifikasi pati secara asetilasi dilakukan meningkatkan karakteristik termoplastik pati, seperti hidrofobik dan kristalinitas. Asetilasi pati tergantung pada faktor-faktor tertentu, seperti sumber pati, konsentrasi reaktan, waktu reaksi dan pH (Singh dkk, 2004). Pati asetat adalah pati yang telah dimodifikasi dengan proses asetilasi. Asetilasi adalah modifikasi kimia yang dilakukan pada pati dengan menambahkan gugus fungsional baru yaitu gugus asetil sehingga dapat mempengaruhi sifat fisiko kimia pati. Asetilasi dilakukan dengan menambahkan reaktan asetat anhidrida untuk mengganti gugus hidroksil pati dengan gugus asetil dari asetat anhidrida (Rizkiana, 2015).

2.3.2 Modifikasi Oksidasi

Proses Oksidasi adalah gugus hidroksil molekul pati akan dioksidasi sehingga menjadi gugus karbonil dan karboksil (Pietrzyk dkk, 2017). Menurut El-Sheikh dkk (2010) menjelaskan sekuens reaksi kelompok hidroksil dalam molekul pati yang pertama teroksidasi menjadi gugus karbonil dan kemudian gugus karboksil. Salah satu proses reaksi oksidasi seperti yang terlihat pada gambar 2.3 (Lukasiewicz dkk, 2005).



Gambar 2.3 Reaksi Antara Pati Tapioka dan Hidrogen Peroksida
Sumber : Lukasiewicz dkk, 2005.

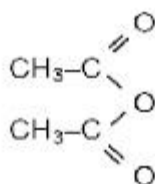
2.4 Bahan Pemodifikasi Asetilasi dan Oksidasi

2.4.1 Asetat Anhidrida Untuk Modifikasi Asetilasi

Asetat anhidrida ($C_4H_6O_3$) adalah cairan yang jernih dan tidak berwarna dengan bau yang sangat menyengat, seperti cuka. Asetat anhidrida dapat dicampur dengan dietil eter dan dapat dengan mudah dilarutkan dalam pelarut organik biasa dan bereaksi dengan alkohol. Asetat anhidrida merupakan pelarut yang baik untuk berbagai bahan organik (Celanese, 2011).

Asetat anhidrida merupakan bahan kimia yang berperan baik dalam modifikasi kimia selulosa. Asetat anhidrida dapat membentuk gugus asetil yang stabil menggantikan gugus hidroksil yang terdapat dalam selulosa (Hakim dkk, 2012).

Asetat anhidrat memiliki rumus struktur seperti gambar di bawah ini:

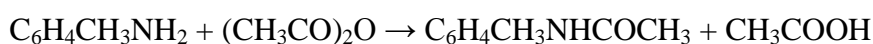


Gambar 2.4 Rumus Struktur Asetat Anhidrida

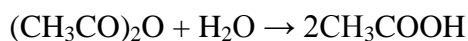
Sumber: Celanese, 2011.

Beberapa reaksi yang dapat terjadi pada asetat anhidrat adalah (Celanese, 2010):

1. Asetilasi



2. Hidrolisis menjadi asam asetat



3. Amonolisis menjadi acetamida



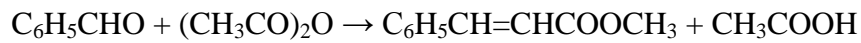
4. Alkoholisis menjadi ester



5. Pembentukan ketone melalui *Friedel-Crafts acylation*

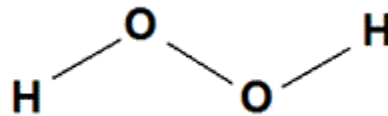


6. Reaksi kondensasi (Perkin)



2.4.2 Hidrogen Peroksida Untuk Modifikasi Oksidasi

Hidrogen peroksida banyak digunakan dalam dunia kesehatan sebagai disinfektan karena tidak meninggalkan residu yang berbahaya. Hidrogen peroksida juga digunakan sebagai antiseptik pada akuarium. Hidrogen peroksida merupakan antiseptik yang efektif dan nontoksik (Setiawan dkk, 2013). Hidrogen peroksida terdekomposisi menjadi oksigen dan air pada saat reaksi oksidasi, sehingga tidak menghasilkan residu yang berbahaya (Parovuori dkk, 1995). Pati yang teroksidasi juga menjadi semakin penting dalam industri makanan karena sifatnya memiliki viskositas rendah, stabilitas tinggi, kejernihan, pembentukan film, dan sifat pengikatan yang baik (Kuakpetoon dan Wang, 2006).



Gambar 2.5 Rumus Struktur Hidrogen Peroksida

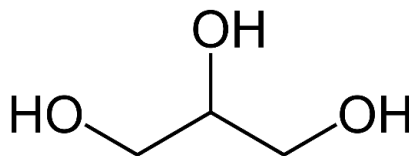
Sumber : Seli, 2017.

2.5 Pembuatan *Edible film*

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis dari bahan yang dapat dikonsumsi dan memberikan ketahanan terhadap kelembapan, oksigen, dan zat terlarut untuk makanan (Bourtoom, 2008). Film yang dapat dimakan dibuat dari bahan dengan kemampuan untuk membentuk film. Pada proses pembuatan, bahan film harus didispersikan dan dilarutkan dalam suatu pelarut seperti air, alkohol atau campuran air dan alkohol atau campuran pelarut lainnya. Dalam pembuatan *edible film* dapat ditambahkan bahan aditif seperti *plasticizer*, agen antimikroba, warna atau rasa. Komponen yang digunakan untuk persiapan *edible film* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: hidrokoloid (seperti protein, polisakarida, dan alginat), lipid (seperti asam lemak, asilgliserol, lilin) dan komposit (Bourtoom, 2008).

Dalam pembuatan *edible film* menggunakan bahan aditif salah satunya *plasticizer*. Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang digunakan sebagai

bahan aditif pembuatan *edible film*. Menurut kamus besar bahasa Indonesia, gliserol adalah cairan kental tidak berwarna dan tidak berbau, rasanya manis dapat bercampur dengan air dan alkohol yang diperoleh dari lemak hewani atau nabati atau dari fermentasi glukosa, digunakan sebagai bahan kosmetik, pengawet obat-obatan, pelembap buah-buahan atau tembakau. Gliserol dalam jumlah besar digunakan dalam pembuatan obat, kosmetik, pasta gigi, busa uretan, resin sintesis dan lain-lain. Sejumlah besar pemrosesan tembakau dan makanan juga menggunakan gliserol, baik dalam bentuk gliserin ataupun gliseridanya (Appleby, 2005).



Gambar 2.6 Rumus Struktur Gliserol

Sumber : <http://www.rumuskimia.net/>.

2.6 *Edible film*

Edible film merupakan suatu lapis tipis yang melapisi bahan pangan yang layak dikonsumsi, dan dapat terdegradasi oleh alam secara biologis. Selain bersifat *biodegradable*, *edible film* dapat dipadukan dengan komponen tertentu yang dapat menambah nilai fungsional dari kemasan itu sendiri seperti *edible film* berantioksidan (Kusumawati dkk, 2013).

Fungsi kemasan yang dapat dimakan adalah untuk menawarkan penghalang selektif untuk menghambat migrasi kelembaban, transportasi gas, migrasi minyak dan lemak dan transportasi zat terlarut; meningkatkan sifat penanganan mekanik makanan; meningkatkan integritas mekanik atau karakteristik penanganan makanan; mempertahankan senyawa rasa mudah menguap dan membawa zat tambahan makanan seperti antioksidan dan antimikroba (Robertsons, 1993).

Konsep dari penggunaan *edible film* atau *coating* yaitu untuk memperpanjang umur simpan makanan segar dan melindunginya dari efek lingkungan yang berbahaya (Robertsons, 1993).

Edible film yang terbuat dari lipida dan juga film dua lapis (bilayer) ataupun campuran yang terbuat dari lipida dan protein atau polisakarida pada umumnya baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air dibandingkan dengan *edible film* yang terbuat dari protein dan polisakarida dikarenakan lebih bersifat hidrofobik (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

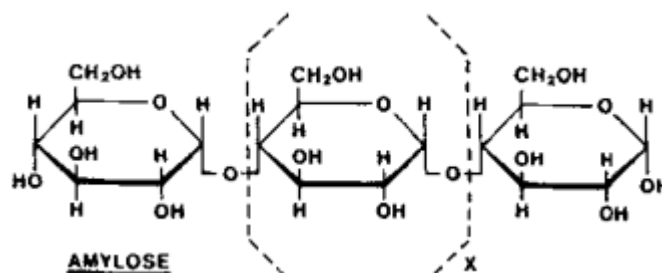
2.7 Pengujian Fisika dan Kimia

2.7.1 *Swelling Power* dan Kelarutan

Swelling power merupakan pembengkakan granula pati karena terjadi proses gelatinisasi (Parwiyanti, 2015). Swelling power pati adalah berat gel pati yang dikeringkan yang diperoleh setelah gelatinisasi sampel pati dalam air, pada suhu tertentu selama waktu tertentu, dan menggunakan alat sentrifugasi (Crosbie, 1991). Air yang terserap pada setiap granula pati akan menjadikan granula pati mengembang dan saling berhimpitan sehingga meningkatkan nilai swelling powernya (Mutmainah, 2013). Kelarutan merupakan suatu kemampuan bahan, zat tertentu, dan zat terlarut untuk larut dalam air.

2.7.2 Kadar Amilosa

Amilosa termasuk dalam linear atau sebagai polisakarida bercabang sedikit (Cura, 1995). Amilosa merupakan polimernya tersusun dari molekul glukosa dalam ikatan α -1,4-glikosidik (Kalichevsky, 1986) dapat dilihat di gambar. Pengukuran kadar amilosa ini menggunakan alat spektrometer (Riley dkk, 2006).



Gambar 2.7 Rumus Struktur Amilosa

Sumber : Zobel, 1988.

2.7.3 Temperatur Gelatinisasi

Gelatinisasi adalah proses yang memecah ikatan molekul pada molekul pati dengan adanya air dan panas yang memungkinkan molekul pati berikatan

dengan air. Penentuan pada temperaturnya pada saat pati dalam keadaan gel (Akpa dkk, 2012).

2.7.4 Kadar Karboksil

Selama proses oksidasi, gugus hidroksil molekul pati akan dioksidasi menjadi gugus karbonil dan karboksil. Kuakpetoon dan Wang (2006) memaparkan, dua reaksi utama terjadi selama oksidasi. Pertama, gugus hidroksil pati teroksidasi menjadi gugus karbonil dan kemudian ke gugus karboksil. Reaksi ini terjadi pada gugus hidroksil pada posisi C-2, C-3, dan C-6. Kedua, oksidasi juga menyebabkan degradasi molekul pati dengan memisahkan molekul amilosa dan amilopektin pada ikatan glukosidik α -1,4. Oleh karena itu, kadar karboksil dan karbonil dan tingkat depolimerisasi dalam pati teroksidasi adalah indikator derajat oksidasi.

2.7.5 Derajat Substitusi

Derajat substitusi merupakan parameter yang menentukan penggunaan pati asetat secara komersial dan menentukan besarnya perubahan sifat fungsional pati asetat dari pati alaminya. Nilai derajat substitusi dapat menentukan aplikasi pati asetilasi lebih lanjut (Indah dan Titi, 2014).

2.8 Pengujian *Edible film*

2.8.1 Kadar Air

Kadar air dalam pengujian ini merupakan parameter yang menentukan kandungan air pada *edible film*. Kadar air *edible film* memiliki peran penting terhadap stabilitas produk yang dilapisinya, oleh karena itu *edible film* diharapkan memiliki kadar air yang rendah sehingga dalam penerapannya sebagai kemasan primer tidak memberi sumbangan air kepada produk yang akan berdampak pada kerusakan produk dan penurunan masa simpan (Rusli, 2017).

2.8.2 *Contact Angle*

Sudut kontak merupakan sebuah parameter yang penting dalam aplikasi perkembangan ilmu koloid dan permukaan. Informasi yang diperoleh dari data sudut kontak adalah energi permukaan, hidrofobisitas, hidrofilitas, kekasaran permukaan dan heterogenitas permukaan (Tavana, 2004). Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan air menggunakan *contact angle meter*

2.8.3 Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dapat dilakukan dengan berbagai macam mesin, seperti mesin *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Powder Diffraction* (XRD), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram. Perhitungan secara matematika *Fourier Transform* untuk sinyal tersebut akan menghasilkan spektrum yang identik pada spektroskopi inframerah (Nugraha, 2008). Tabel menunjukkan bilangan gelombang dari berbagai jenis senyaa untuk membedakan gugus fungsi pada absorpsi inframerah.

Tabel 2.1 Ikatan dan Absorpsi Inframerah

Jenis Ikatan	Golongan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
C-H	Alkana	2850-2970 1340-1470
	Alkena	3010-3095 675-995
	Cincin Aromatik	3010-3100 690-900
	Alkalin	3300
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1610-1680
	Cincin Aromatik	1500-1600
	Alkalin	2100-2260
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690-1760
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat	1050-1300
O-H	Alkohol, Fenol	3590-3650
	Asam Karboksilat	2500-2700
N-H	Amina, Amida	3300-3500
C-N	Amina, Amida	1180-1360
C≡N	Nitril	2210-2280
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1500-1570
		1300-1370

Sumber: Skoog dkk, 2007.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) KIMIA kawasan PUSPITEK Serpong, Tangerang Selatan, pada tanggal 1 Februari 2018 s.d 30 April 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan, yaitu :

a. Alat yang digunakan untuk proses, terdiri dari :

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Timbangan + timbangan analitis | 12. <i>Bulb</i> |
| 2. <i>Mortal dan pestle</i> | 13. Pipet volumetrik |
| 3. <i>Hot Plate</i> | 14. Cawan perti |
| 4. <i>Beaker glass</i> | 15. <i>Buret</i> |
| 5. <i>Freezer</i> | 16. Corong <i>buchner</i> |
| 6. <i>Soxhlet</i> | 17. Corong kaca |
| 7. <i>Oven</i> | 18. <i>Erlenmeyer</i> |
| 8. <i>Klem + statif</i> | 19. Pompa <i>vacuum</i> |
| 9. <i>Termostirer + magnet stirer</i> | 20. Pipet ukur |
| 10. Spatula logam | 21. Kertas saring |
| 11. Labu ukur | 22. Gelas ukur |

b. Alat yang digunakan untuk analisis, terdiri dari :

1. Spektrofotometer
2. *Centrifuge*
3. *Fourier Transform Infrared (FTIR) Nicolet iS10.*
4. *CAM-PLUS MICRO (Tantec Inc., USA)*

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah :

- | | |
|---------------------------|--|
| a. Tapioka | i. Asam Klorida (HCL) |
| b. Air (H ₂ O) | j. Kalium Sulfat (K ₂ SO ₄) |

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| c. Hidrogen Peroksida (H_2O_2) | k. Indikator Fenolftalein (PP) |
| d. Asetat Anhidrida ($C_4H_6O_3$) | l. Heksana (C_6H_{14}) |
| e. Natrium Hidroksida (NaOH) | m. Gliserol ($C_3H_8O_3$) |
| f. Asam Asetat (CH_3COOH) | n. Amilosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$) |
| g. Kalium iodida (KI) | o. Etanol (C_2H_5OH) |
| h. Iod (I_2) | |

3.3 Variabel

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut :

a. Metode Asetilasi:

1. Suhu : 25 - 28 °C (proses asetilasi)
20 °C (pengeringan sampel asetilasi)
28 °C (pengeringan sampel saat dibungkus plastik kedap air)
2. Massa : 100 g (Pati Tapioka)
3. Waktu : 48 jam (pengeringan sampel asetilasi)

b. Metode Oksidasi:

1. Suhu : 30 °C (pemanasan proses)
50 °C (pengeringan sampel dioven)
28 °C (pengeringan sampel saat dibungkus plastik kedap air)
2. Massa : 100 g (Pati Tapioka)
3. Waktu : 48 jam (pengeringan sampel oksidasi dioven)
120 menit (proses oksidasi)

c. Pembuatan *edible film* pada pati termodifikasi asetilasi

1. Massa : 5 g (Pati termodifikasi)

d. Pembuatan *edible film* pada pati termodifikasi oksidasi

1. Massa : 5 g (Pati termodifikasi)

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai

acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan adalah jumlah massa (%wt) dari hidrogen peroksida dan volume asetat anhidrida. Tabel 3.1 memperlihatkan variasi komposisi hidrogen peroksida untuk proses oksidasi dan asetat anhidrida untuk proses asetilasi.

Tabel 3.1. Variasi Larutan H₂O₂ dan C₄H₆O₃

Sampel	Metode Oksidasi	Sampel	Metode Asetilasi
	Konsentrasi H ₂ O ₂ (%)		Konsentrasi C ₄ H ₆ O ₃ (ml)
A0	0	B0	0
A1	1	B1	7.5
A2	1.5	B2	15
A3	2	B3	30
A4	2.5	B4	45

Tabel 3.2. Variasi Larutan Gliserol

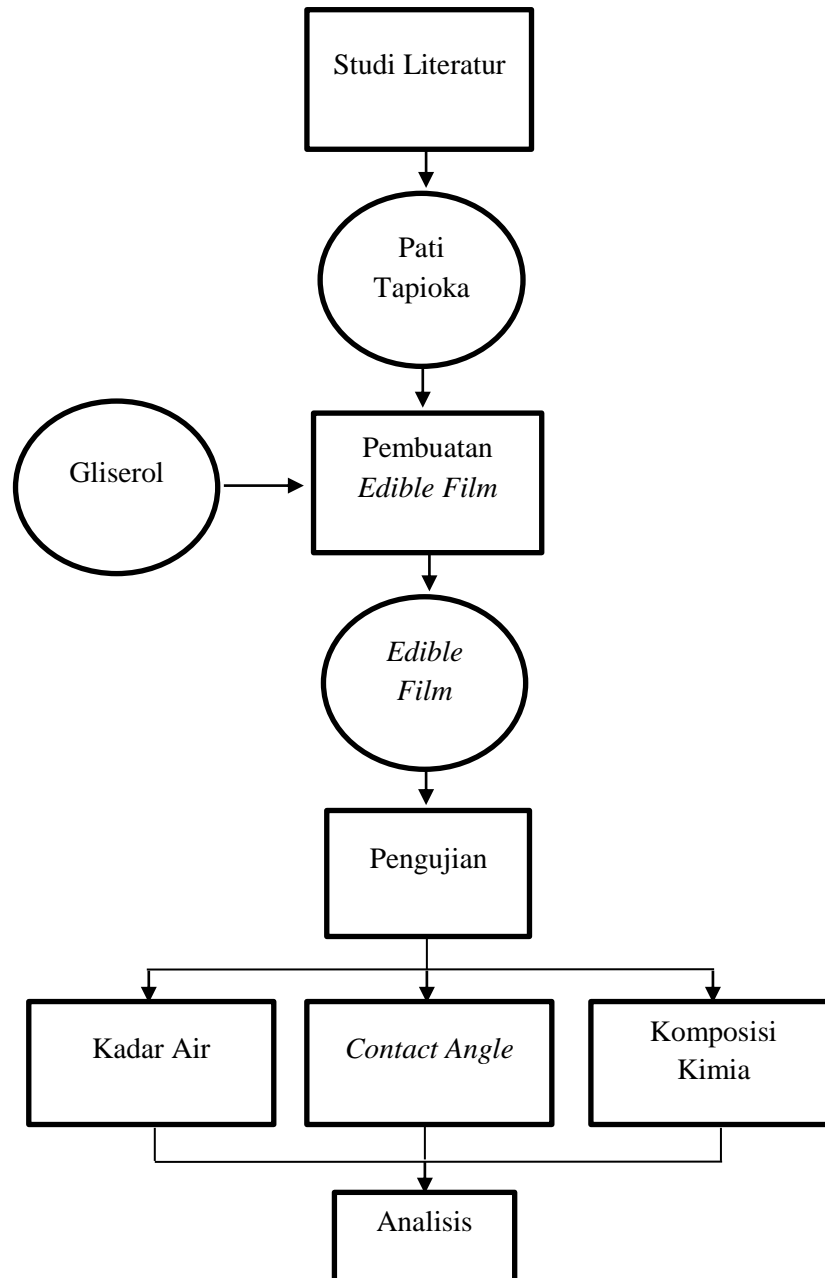
Sampel (1 %)	Pati Termodifikasi Oksidasi	Sampel (45 ml)	Pati Termodifikasi Asetilasi
	Konsentrasi Gliserol (ml)		Konsentrasi Gliserol (ml)
A0	0	B0	0
A1	1	B1	0,75
A2	2	B2	1
A3	3	B3	1,25

3.4 Prosedur Penelitian

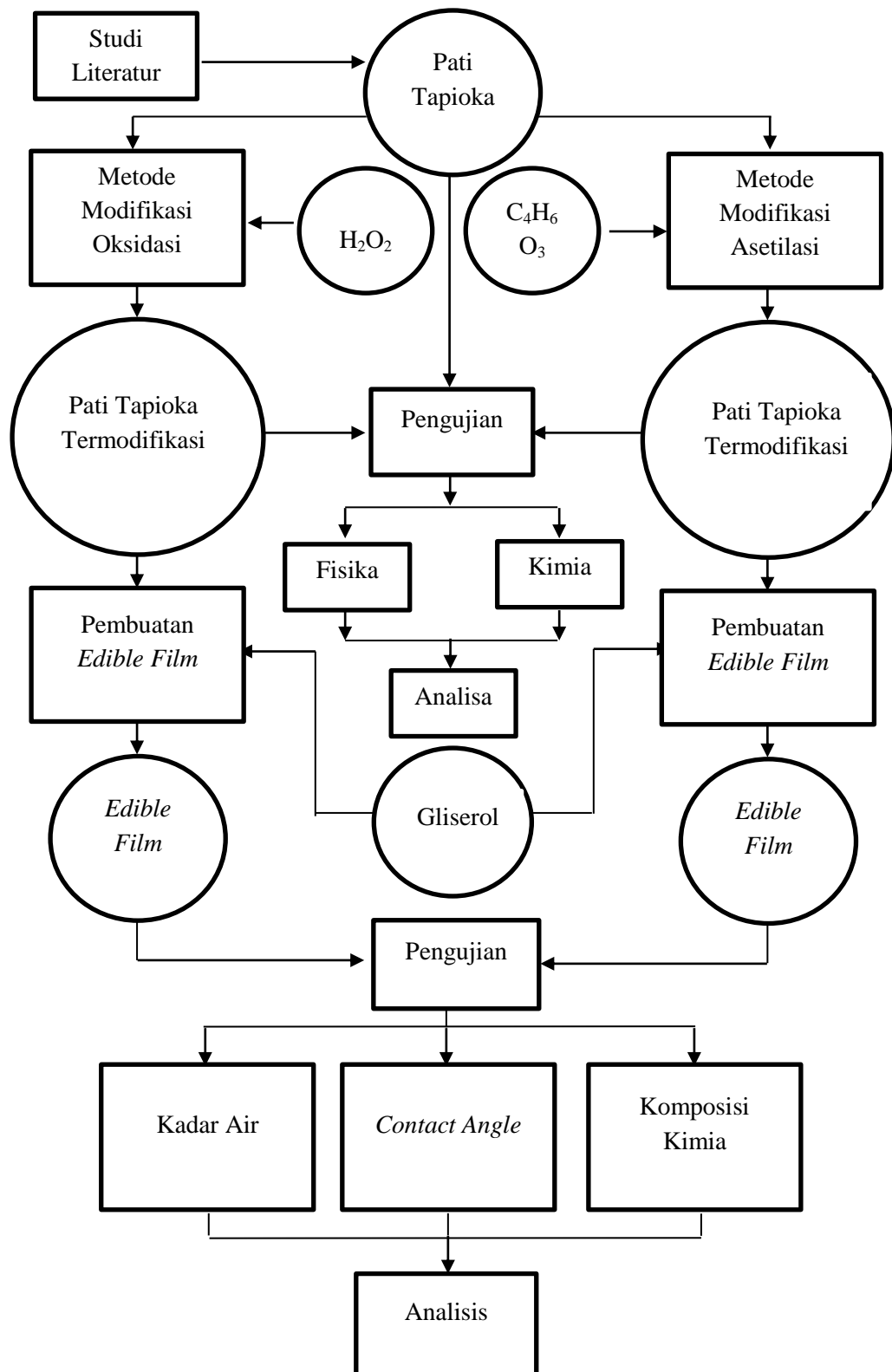
Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 buah LIAUW LIONG PIT TAPIOKA FLOUR No.1 TJAP ORANG TANI dari Bogor Indonesia dan memiliki berat 1000 gram/satuan. Bahan-bahan lain untuk proses modifikasi yaitu hidrogen peroksida, asetat anhidrida, natrium hidroksida, asam klorida sebagai bahan proses oksidasi dan asetilasi.

Prosedur penelitian ini dapat dilihat melalui gambar 3.1 diagram alir pembuatan *edible film* berbasis pati tapioka dan gambar 3.2 diagram alir pembuatan *edible film* berbasis modifikasi pati tapioka.

3.4.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian *Edible film* Berbasis Pati Tapioka



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian *Edible film* Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi

3.5 Metode Modifikasi

Pada proses modifikasi tapioka, pada penelitian ini menggunakan 2 metode, yaitu oksidasi dan asetilasi. Adapun metode oksidasi dan asetilasi yang digunakan sebagai berikut :

1. Metode Asetilasi Tapioka

Pati tapioka termodifikasi asetilasi dengan 7,5; 15; 30; 45 ml larutan asetilasi asetat anhidrida ($C_4H_6O_3$) metode yang dilakukan oleh Slawomir dkk (2017). 100 gram pati dilarutkan dengan air suling untuk menghasilkan suspensi pati. Selanjutnya, asetilasi dilakukan pada suhu ruang dengan pengadukan secara terus menerus. Larutan ditambahkan dengan asetat anhidrida secara perlahan. Kemudian dibasakan dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) sampai pH tertentu. Selanjutnya, larutan pati diasamkan kembali dengan larutan asam klorida (HCl) sampai pH yg ditentukan. Sampel pati tapioka termodifikasi asetiasi kemudian dicuci dengan air suling 3 kali, disaring, dikeringkan pada suhu ruangan selama 48 jam dan ditumbuk hingga kehalusan 0,250 *mesh*.

2. Metode Oksidasi Tapioka

Pati tapioka termodifikasi oksidasi dengan 1,2,3 dan 4% larutan oksidasi hidrogen peroksida (H_2O_2) tanpa katalis metode yang dilakukan oleh Parovuori dkk (1995). 100 g pati didispersikan dalam air suling untuk menghasilkan suspensi pati. Selanjutnya, oksidasi dipanaskan pada temperatur 30 °C dengan pengadukan secara terus menerus. Larutan oksidasi hidrogen peroksida ditambahkan. Proses oksidasi dilakukan selama 120 menit. Sampel pati singkong teroksidasi kemudian dicuci dengan air suling sebanyak 4 kali, disaring, dikeringkan pada 50 °C selama 48 jam dan ditumbuk hingga kehalusan 100 *mesh*

3.5.1 Pengujian Fisika dan Kimia dari Pati Tapioka Termodifikasi

Dalam Pengujian ini terdapat 2 jenis pengujian yaitu, pengujian fisika dan kimia. Adapun pengujian fisika dan kimia sebagai berikut:

a. Pengujian fisika

1. Penentuan temperatur gelatinisasi

Temperatur gelatinisasi ditentukan menurut Tessa (2005). Sebanyak 1,5 gram pati ditambahkan H_2O sebanyak 10 ml kemudian diukur pHnya.

Larutan distirrer didalam *waterbath*. Gunakan termometer untuk mengukur larutan pati hingga menjadi gel atau warna larutan menjadi seperti warna susu. Catat waktu yang dibutuhkan hingga larutan menjadi gel. Temperatur pada saat terbentuknya gel dinamakan temperatur gelatinisasi.

2. Penentuan Kandungan Amilosa ditentukan Menurut Riley dkk, 2006.

1) Penetapan Standar Amilosa 0,01 gram amilosa murni dimasukkan ke dalam beker gelas, lalu ditambahkan 0,25 ml etanol 95%. Kemudian ditambahkan 2,55 ml NaOH dan dipanaskan dalam penangas selama 10 menit dengan suhu 50⁰C. Setelah itu ditambahkan H₂O dan ditera dalam 25 ml. Siapkan labu ukur 50 ml 5 buah dan masing-masing diberi label 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, 20 ppm. Lalu pada masing-masing labudipipet amilosa murni 1 ml (4 ppm), 2 ml (8 ppm), 3 ml (12 ppm), 4 ml (16 ppm), 5 ml (20 ppm). Kemudian tambahkan CH₃COOH 0,2 ml (4 ppm), 0,4 ml (8 ppm), 0,6 ml (12 ppm), 0,8 ml (16 ppm), 1 ml (20 ppm). Kemudian tambahkan Iod 2 ml pada masing-masing larutan lalu tera kedalam labu 100 ml. Diamkan 20 menit dan ukur absorbansi $\lambda= 620$ nm.

2) Pengujian Kadar Amilosa pada Sampel 100 mg sampel + 1 ml etanol 95% ditambahkan 9 ml NaOH 1 N dan dipanaskan dalam penangas selama 10 menit dengan suhu 50⁰C. Tambahkan H₂O hingga tera dalam labu 100 ml, dikocok. Diambil 1 ml sampelke dalam labu 50 ml dan tambahkan 1 ml CH₃COOH 1N dan 2 ml Ki 2% ditera dengan H₂O. Diamkan selama 20 menit hingga berubah warna. Hasil perhitungan dari kadar amilosa terdapat dalam lampiran halaman 52 dan 57. Kemudian ukur absorbansi $\lambda= 620$ dan hitung kadar amilosa dalam rumus :

$$\text{Kadar amilosa \%} = \frac{\text{Absorbansi} \times Fk \times V \times 100}{w} \times 100$$

3. Penentuan *Swelling Power* dan Kelarutan ditentukan Menurut Onyango dkk (2013).

Sampel 0,5 g dilarutkan dalam 50 ml *aquades* dan dimasukkan ke dalam labu *swelling power* 100 ml. Suspensi ditempatkan di penangas air dengan suhu 55 °C selama 30 menit dengan pengadukan terus-menerus. Pindahkan ke labu sentrifugasi. Kemudian *centrifuge* selama 20 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Larutan bening supernatan dimasukkan ke dalam cawan petri yang diketahui beratnya. Keringkan labu *swelling power* berisi larutan dalam oven pada 100°C sampai berat labu *swelling power* tetap. Endapan yang diperoleh kemudian ditimbang. Hasil perhitungan dari *swelling power* dan kelarutan terdapat dalam lampiran halaman 50 dan 55.

$$\text{Swelling Power (\%)} = \frac{\text{Bobot Pasta yang mengendap}}{\text{Bobot Sampel}} \times 100$$

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\text{Penambahan bobot (g)} \times 50 \text{ ml}}{\text{Bobot sampel (g)} \times \text{Larutan jernih yang diambil (ml)}} \times 100$$

b. Pengujian Kimia

1. Dejarat Subtitusi

Sampel pati diambil sebanyak 1 gram dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml, tambahkan 50 ml *aquades* yang mengandung 25 ml 0,5 M NaOH. Campuran ini diaduk dengan *stirrer* pada suhu ruang selama 30 menit. Kelebihan Naoh dititrasi dengan 0,5 M HCl sampai pH 7 yang sebelumnya telah ditambahkan indikator PP 1% sebanyak 3 tetes. Hasil perhitungan dari kadar amilosa terdapat dalam lampiran halaman 54. Rumus perhitungan derajat subtitusi (DS) adalah :

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 M (B-S)}{1000 W}$$

2. Kadar Karboksil

Kandungan karboksil ditentukan berdasarkan Chattopadhyay dkk (1998). Dispersi 3 g pati dalam 25 mL HCl 1 mol / L diaduk selama 1 jam. Setelah itu, suspensi vakum disaring menggunakan corong *Buchner*, dicuci dengan 400 ml air suling dan pati dipindahkan ke gelas kimia. Kemudian ditambahkan 300 ml air suling dan suspensi dipanaskan dengan air

mendidih selama 1 jam. Sampel panas dititrasi pada pengadukan konstan sampai pH 8.2 dengan NaOH 0,01 mol / L. Pati tapioka digunakan sebagai *blanko*. Kandungan karboksil dinyatakan dalam jumlah gugus karboksil pada 100 gram glukosa (COOH / 100GU) dan dihitung dengan persamaan. Hasil perhitungan dari kadar karboksil terdapat dalam lampiran halaman 59.

$$\text{COOH/100GU} = \frac{(V_s - V_b) \times M \times 0.045 \times 100}{W}$$

Dimana V_s adalah volume NaOH yang diperlukan untuk sampel (ml), V_b adalah volume NaOH yang digunakan untuk menguji kosong (ml), M adalah molaritas NaOH dan W adalah berat sampel.

3.5.2 Pembuatan *Edible film*

Pada pembuatan ini menggunakan bahan dari pati tapioka dan tapioka termodifikasi. Pembuatan film edible dilakukan menggunakan sampel 5 g pati tapioka dan pati tapioka termodifikasi ke dalam beker gelas 100 ml dan tambahkan air suling sebanyak 100 ml. Kemudian dipanaskan ke dalam *hot plate* sampai membentuk gel. Sampel yang sudah menjadi gel ditambahkan gliserol sesuai variasi yang ditentukan dan diaduk sampai rata. Setelah itu tuang ke dalam cawan petri kaca dan kemudian masukkan ke dalam oven suhu 50 °C selama 24 jam. Keringkan di suhu 28 °C kurang lebih 3-5 hari.

3.5.3 Pengujian *Edible film*

Dalam tahap pengujian *edible film* berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi, akan dilakukan meliputi:

1. Kadar air

Kelembaban sampel film ditentukan dengan menerapkan metode gravimetri dua langkah. Pertama, sampel dikeringkan dalam oven (110 °C selama 24 jam), kedua, disimpan dalam desikator sampai berat konstan tercapai. Hasil akhir dinyatakan sebagai gram air per 100 gram film kering (Genevois dkk, 2016).

$$\% \text{ Moisture content (Mc)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100$$

Dimana: M_o = berat sampel sebelum dikeringkan (g)

M = berat erlenmeyer setelah pengeringan (g)

2. *Contact Angle*

Sudut kontak dari film yang disiapkan dinilai dengan prosedur yang direkomendasikan oleh Bangyekan dkk (2005). Sebuah model pengukur sudut kontak *CAM-PLUS MICRO* (Tantec Inc., USA) digunakan untuk mengevaluasi keterbasahan sampel film.

Sampel edible film ditempelkan ke dalam pelat pada alat *contact angle meter*. Kemudian ditetaskan 15 μL air dengan menggunakan *syringe*. Proyeksi cahaya dari alat *contact angle meter* pada tetesan air yang terbentuk kemudian diamati dan diukur besar sudut kontakanya.

3. Komposisi Kimia

Hubungkan kabel instrumen dengan sumber listrik. Nyalakan instrument FTIR dengan menekan tombol *power on*, tunggu hingga proses inisiasi selesai. Hidupkan komputer, klik ikon *Spectrum*. Sebelum melakukan pemindaian sampel, lakukan pemindaian *background* untuk menghilangkan hasil pemindaian lingkungan pada saat pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect background*. Letakkan sampel yang sudah dipreparasi pada tempat sampel, kemudian lakukan pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect sample*, pastikan parameter pemindaian yang dilakukan benar, tunggu hingga proses pemindaian selesai. Apabila diperlukan, lakukan perbandingan spektrum yang diperoleh dari hasil pemindaian sampel dengan spektrum polimer standar yang ada di basis data (*library*) dan lakukan interpretasi pada hasil pemindaian untuk mengetahui analisa gugus yang terkandung pada sampel. Simpan hasil pemindaian yang didapat.

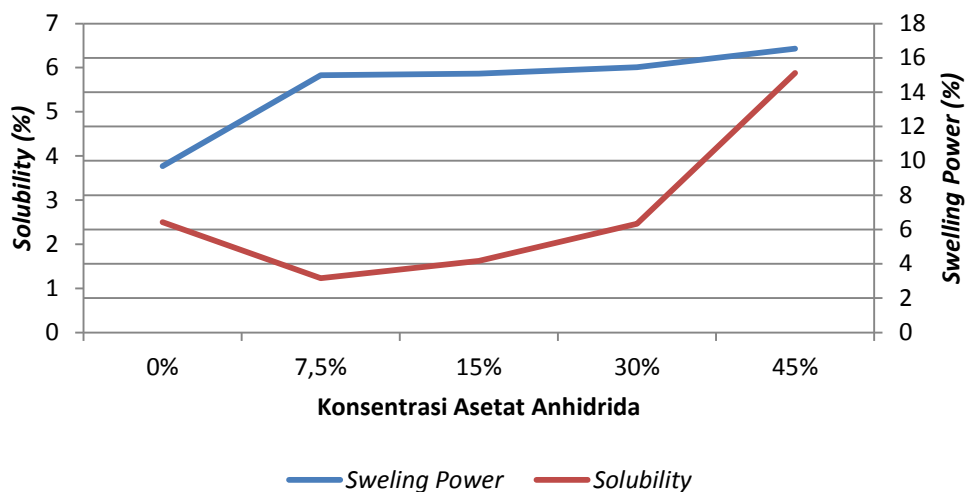
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sifat Fisikokimia Pati Tapioka (*Cassava*) dan Pati Tapioka Termodifikasi

4.1.1 *Swelling Power* dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Gambar 4.1 menunjukkan hasil analisis *swelling power* dan kelarutan pati tapioka dan pati tapioka termodifikasi asetilasi.



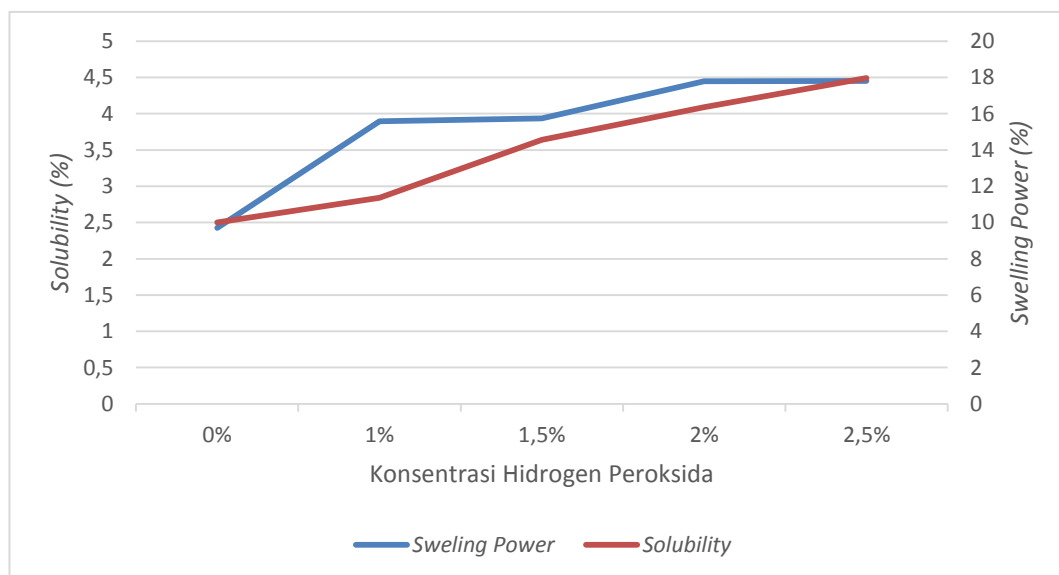
Gambar 4.1 *Swelling Power* dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Swelling power pati tapioka termodifikasi asetilasi mendapatkan nilai 16,53% yang paling besar pada konsentrasi asetat anhidrida 45 ml dan kelarutan menurun pada konsentrasi asetat anhidrida 7,5 ml, tetapi kembali meningkat kembali pada konsentrasi asetat anhidrida 45 ml sebesar 5,88 %. Proses asetilasi meningkatkan *swelling power* dan menurunkan kelarutan pati dari semua variasi asetat anhidrida. Gugus asetil lebih hidrofobik daripada gugus hidroksil, oleh karena itu modifikasi pati tapioka asetilasi menunjukkan penurunan kelarutan. Modifikasi pati tapioka asetilasi dengan kandungan amilosa yang rendah menunjukkan kelarutan yang rendah juga.

Terjadinya substitusi senyawa hidrofilik mungkin karena adanya retensi molekul air yang kemampuannya membentuk ikatan hidrogen. Retensi air yang tinggi memasuki granula menyebabkan peningkatan *swelling power* (Betancur dkk,1997). Berdasarkan data, peningkatan *swelling power* berbanding lurus dengan kelarutan. Pati kentang dan pati jagung yang telah dimodifikasi secara aasetilasi juga mengalami peningkatan *swelling power* (Singh dkk, 2004).

4.1.2 *Swelling power* dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian *swelling power* dan kelarutan pati tapioka dan pati tapioka termodifikasi oksidasi.



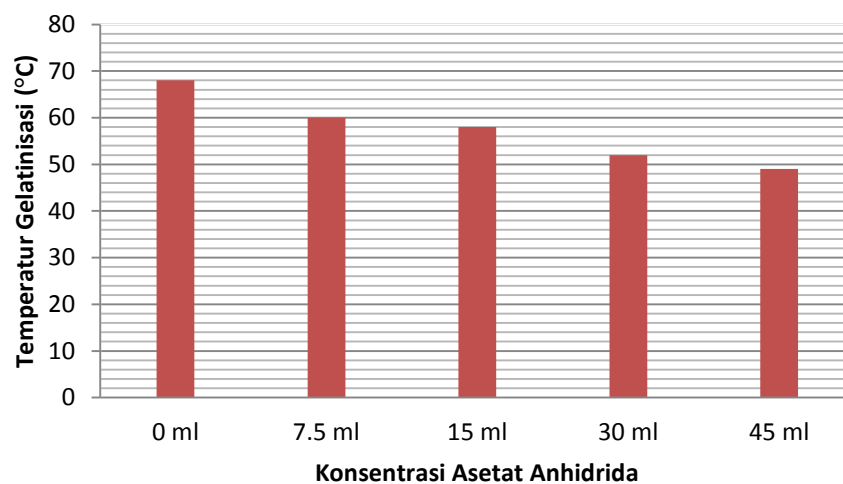
Gambar 4.2 *Swelling Power* dan Kelarutan Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Pengaruh dari metode oksidasi adalah meningkatkan *swelling power* dan meningkatkan kelarutan pati tapioka. *Swelling power* pati tapioka termodifikasi oksidasi meningkat, hingga 17,81% pada konsentrasi hidrogen peroksida 2,5% dan konsentrasi 0% menunjukkan hasil dari *swelling power* pati tapioka sebesar 9,7%. Menurut Kiatkamjorwong dkk, (2000) bahwa Peningkatan *swelling power* dikarenakan adanya peningkatan gugus hidrofilik (-COOH) selama proses

oksidasi. Penghambatan *swelling power* diakibatkan karena meningkatnya ikatan pati intramolekul.

Kelarutan pati tapioka termodifikasi oksidasi meningkat, hingga 4,49% pada konsentrasi hidrogen peroksida 2,5% dan konsentrasi 0% menunjukkan hasil dari kelarutan pati tapioka sebesar 2,5%. Kelarutan pati yang semakin meningkat karena adanya pemanasan pada larutan pati yang semakin tinggi, disebabkan oleh depolimerisasi amilosa (pepita dkk, 2014). Kelarutan menunjukkan molekul pati yang terlarut pada temperatur tertentu (Wang dan Wang, 2003)

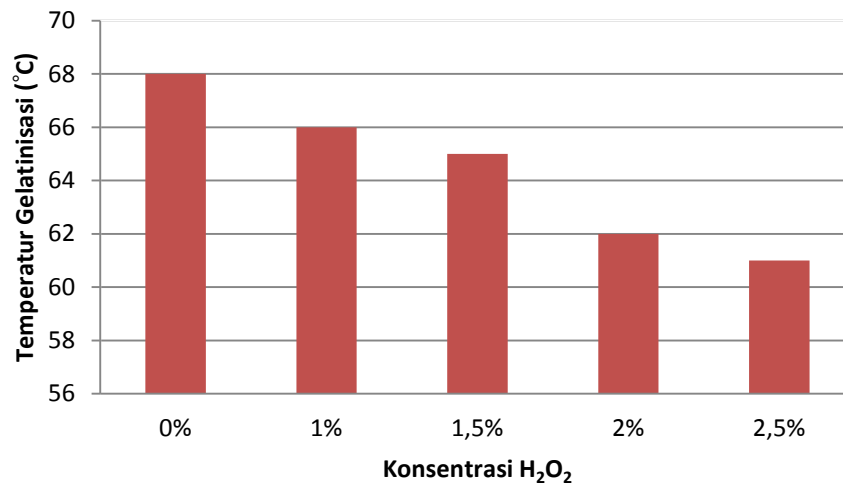
4.1.3 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi



Gambar 4.3 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Temperatur gelatinisasi modifikasi pati tapioka asetilasi lebih rendah dibandingkan dengan temperatur gelatinisasi pati tapioka, dapat dilihat pada gambar 4.3. Semakin tingginya konsentrasi asetat anhidrida, semakin rendah temperatur gelatinisasi. Masuknya gugus asetil ke dalam rantai polimer mengakibatkan ketidakstabilisasi struktur granular, sehingga menyebabkan peningkatan *swelling power* dan penurunan temperatur gelatinisasi (Singh-Sodhi and Singh, 2005).

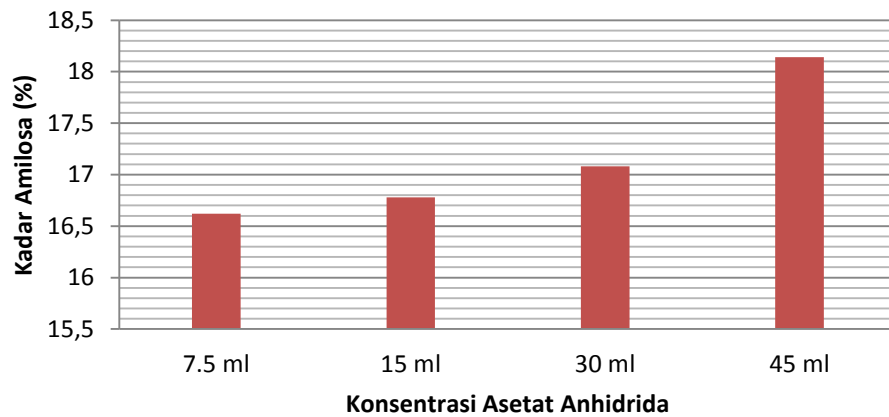
4.1.4 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Temperatur Gelatinisasi Oksidasi



Gambar 4.4 Temperatur Gelatinisasi Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Penurunan temperatur gelatinisasi pada gambar 4.4. disebabkan dari adanya proses oksidasi yang terdapat penambahan hidrogen peroksida yang merupakan konsekuensi dari melemahnya struktur granula pati dan depolimerisasi (Nur, 2007). Oksidasi pati menurunkan suhu gelatinisasi karena masuknya gugus hidroksil ke rantai polimer menghasilkan ketidakstabilan struktur granular, yang mengarah ke peningkatan daya perkembangan dan temperatur gelatinisasi yang lebih rendah (Jane, 1999). Semakin kuat ikatan antara molekul pati, semakin tinggi jumlah panas yang diperlukan untuk memecah ikatan antar-molekul dan karena itu, semakin tinggi temperatur gelatinisasi (Singh-Sodhi and Singh, 2005).

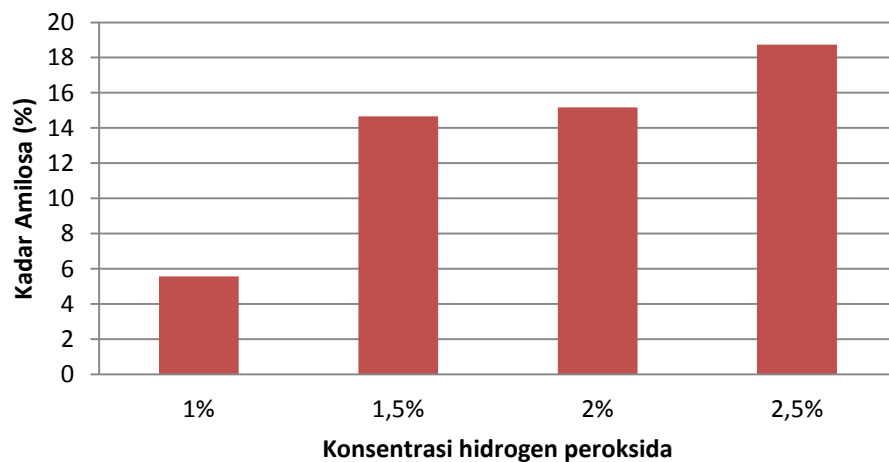
4.1.5 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi



Gambar 4.5 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Kandungan amilosa pati tapioka termodifikasi asetilasi ditunjukkan pada gambar 4.5. Kandungan amilosa meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asetat anhidrida. Peningkatan kandungan amilosa dikaitkan dengan adanya gugus asetil yang mengubah fungsi amilosa dan amilopektin fraksi pati dan mempengaruhi penyerapan iodium selama pengujian amilosa. Modifikasi pati tapioka asetilasi konsentrasi 45% memiliki kandungan amilosa paling tinggi yaitu sebesar 18,14%. Pengaruh asetilasi terhadap pati meningkatkan kandungan amilosa (Betancur dkk, 1997).

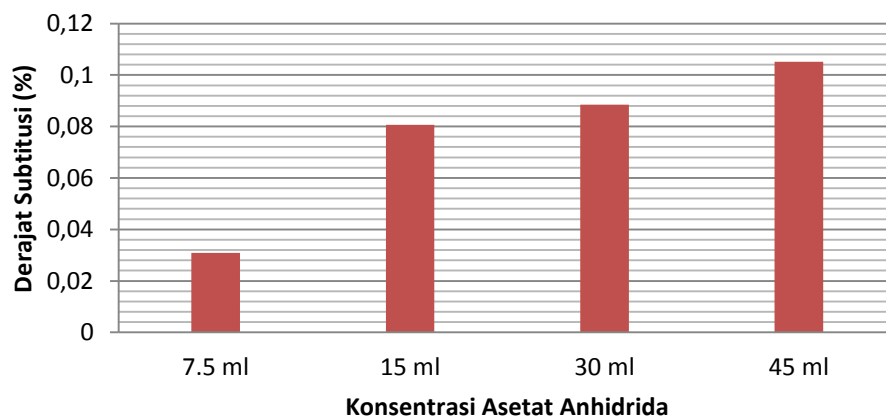
4.1.6 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi



Gambar 4.6 Kadar Amilosa Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Kandungan amilosa pati tapioka termodifikasi oksidasi ditunjukkan pada gambar 4.6. Kandungan amilosa meningkat dengan meningkatnya konsentrasi hidrogen peroksida. Peningkatan kandungan amilosa dikaitkan dengan depolimerisasi rantai molekul pati, di mana rantai panjang polimer pati dipotong menjadi polimer dengan rantai molekul yang lebih pendek dalam jumlah yang lebih besar. (Kuakpetoon dan Wang., 2006).

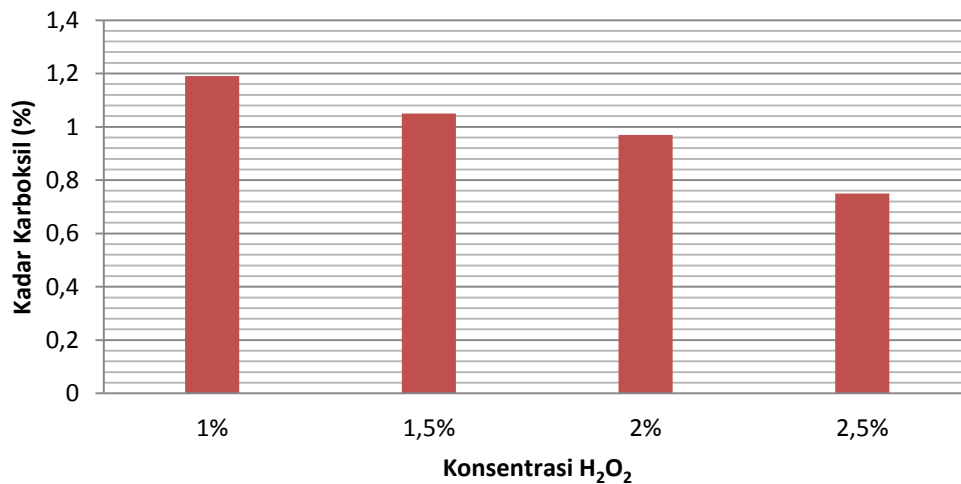
4.1.7 Derajat Subtitusi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi



Gambar 4.7 Derajat Subtitusi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Peningkatan derajat substitusi seiring dengan konsentrasi asetat anhidrida yang meningkat. Asetilasi pati umumnya memperoleh ester pati dengan derajat substitusi lebih tinggi karena jumlah asetat anhidrida yang bersentuhan dengan pati meningkat. Substitusi gugus hidroksil membuat reaksi asetilasi pada dasarnya tergantung pada adanya molekul asetat anhidrida yang berdekatan dengan molekul pati. Berdasarkan data pada tabel, semakin bertambahnya konsentrasi asetilasi, semakin meningkat kontak antara molekul pati dan asetat anhidrida. Peningkatan nilai derajat substitusi pati termodifikasi asetilasi akan mengakibatkan peningkatan sifat hidrofobiknya, sehingga mengurangi tingkat kelarutan pati asetat dalam air (Indah dan Titi, 2014). Semakin tinggi perbandingan asetat anhidrida dengan air, maka memberi kesempatan yang lebih besar terhadap gugus asetil untuk tersubstitusi dengan gugus hidroksil (Adi dkk, 2012).

4.1.8 Kadar Karboksil Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi



Gambar 4.8 Kadar Karboksil Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Menurut gambar 2.4 gugus OH akan dioksidasi oleh hidrogen peroksida untuk membentuk produk yang mengandung gugus karboksil. Berdasarkan grafik pada gambar 4.8, nilai tertinggi dari kelompok karboksil yang diperoleh adalah 1,19% dengan konsentrasi H₂O₂ 1%. Penurunan pada karboksil pada variasi 4% senilai 23%, karena terjadinya dekarboksilasi. Nilai dari kelompok karboksil yang meningkat diperoleh senilai 23,2% pada variasi 3% telah membuktikan bahwa pati telah teroksidasi. (El-Sheikh dkk, 2013).

Reaksi yang terjadi antara pati tapioka dan hidrogen peroksida terdapat pada gambar 2 Reaksi antara pati tapioka dan hidrogen peroksida di tinjauan pustaka.

4.2 Kandungan Air *Edible film* Berbasis Pati Tapioka dan Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi

Kandungan air *edible film* pati tapioka, *edible film* pati tapioka termodifikasi oksidasi dan *edible film* pati tapioka termodifikasi asetilasi terdapat pada tabel 4.1. *Edible film* pati tapioka menunjukkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan edible film berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi dan berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi.

Tabel 4.1 Kadar Air Dari Film Pati Tapioka dan Pati Tapioka Termodifikasi

Pati		Pati Tapioka Sebelum di Oven (g)	Pati Tapioka Sesudah diOven (g)	Kadar Air (%)
Pati Tapioka		49.1797	49.0229	0.32
Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	A1	43.7587	43.6488	0.25
	A2	47.2445	46.8441	0.85
	A3	39.9385	39.6236	0.79
Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	B1	49.0856	48.7301	0.72
	B2	44.7574	44.3600	0.88
	B3	41.5523	41.4278	0.29

Hal ini dikarenakan adanya gliserol dalam formulasi film-film ini, yang karena karakter hidrofiliknya meningkatkan karakteristik higroskopis dari film pati tapioka. *Edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi menunjukkan kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan *edible film* berbasis pati tapioka. Setelah pati tapioka teroksidasi, rantai molekul air dihancurkan oleh hidrogen peroksida dan menurunkan kadar air dari film. Kandungan air mempengaruhi kemampuan adsorpsi film. Kandungan air yang tinggi menyebabkan kualitas makanan berlapis untuk memiliki usia pendek karena gangguan bakteri (Mali dkk, 2002).

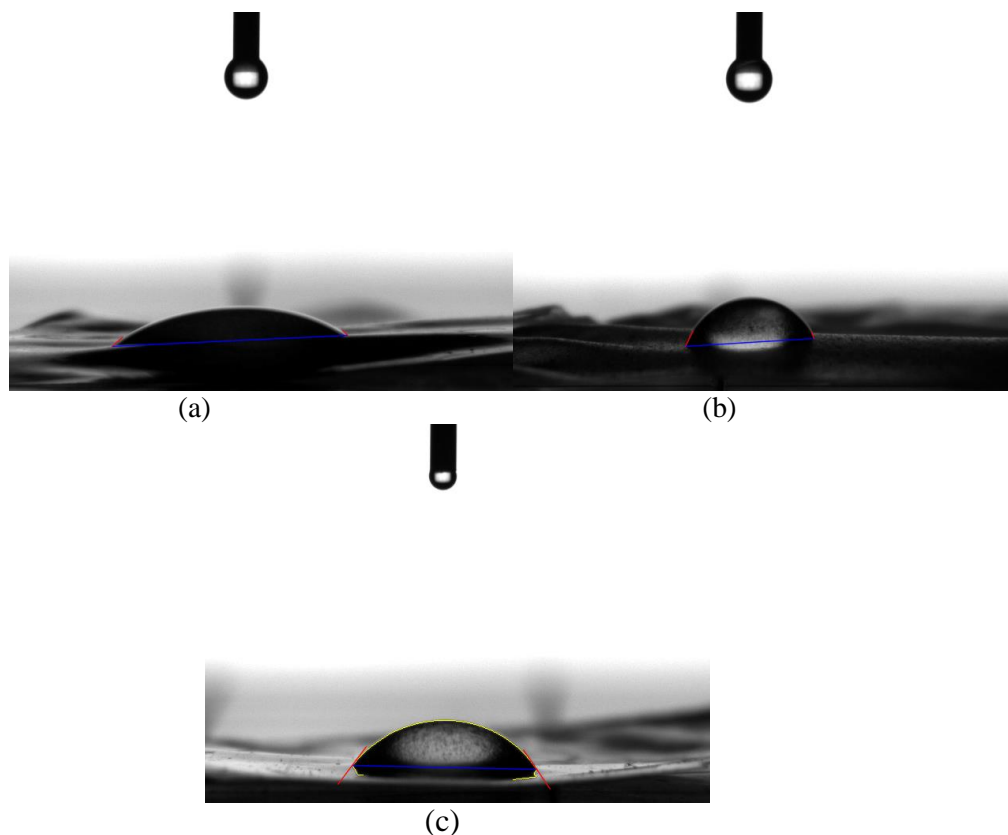
Berdasarkan data pada tabel, kadar air yang paling rendah dari *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi adalah variasi A1 sebesar 0,25 % dan pada *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi adalah variasi B3 sebesar 0,29 %. Dikarenakan variasi A1 dan B3 memiliki kadar air yang paling rendah dan lebih rendah juga dari *edible film* berbasis pati tapioka maka kedua variasi ini adalah yang paling baik, sehingga *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi inilah yang dipilih untuk diuji *contact angle*-nya. Berdasarkan hasil penelitian dari Torres-Leon dkk (2018) dengan bahan baku pati mangga untuk pembuatan *edible film* memperoleh hasil pengujian kadar air sebesar 3,11%. Hasil tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan hasil kadar air *edible film*

berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi, sehingga *edible film* berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi lebih baik.

Jadi pengujian kadar air tersebut menunjukkan bahwa *edible film* yang paling baik untuk dimakan di antara pati tapioka, pati tapioka termodifikasi oksidasi, pati tapioka termodifikasi asetilasi adalah *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi, karena paling rendah kadar air yang terdapat pada *edible film*.

4.3 Contact Angel Edible film Berbasis Pati Tapioka dan Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi

Kualitas *edible film* dapat dilihat dari sifat permukaan hidrofilik, yang dievaluasi dengan cara penentuan sudut kontak. Sudut kontak (*contact angle*) *edible film* berbasis pati tapioka dan pati tapioka termodifikasi ditunjukkan pada gambar. 4.9.



Gambar 4.9 (a) Sudut kontak film pati tapioka (b) Sudut kontak film pati tapioka termodifikasi oksidasi (c) Sudut kontak film pati tapioka termodifikasi asetilasi

Efek oksidasi peroksida dan asetilasi asetat anhidrida pada *edible film* menghasilkan perubahan pada sifat permukaan termasuk sudut kontak. Film pati tapioka menunjukkan sudut kontak yang lebih kecil. Dapat dilihat dengan jelas bahwa kehadiran hidrogen peroksida dan asetat anhidrida membawa peningkatan yang signifikan dalam nilai sudut kontak dari film yang dapat dimakan. Sudut kontak dari film pati tapioka yang mengandung 1% berat gliserol adalah $40,75^\circ$. Di sisi lain, sudut kontak dari film pati tapioka termodifikasi oksidasi yang mengandung 1% gliserol adalah $66,36^\circ$ dan film pati tapioka termodifikasi asetilasi adalah $54,56^\circ$ (Bangyekan *dkk*, 2006). Hasil pegujian sudut kontak dari Torres-Leon *dkk* (2018) menunjukkan besar dari sudut kontak *edible film* berbasis pati mangga yaitu $72,20^\circ$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lebih tinggi dibandingkan sudut kontak *edible film* berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi.

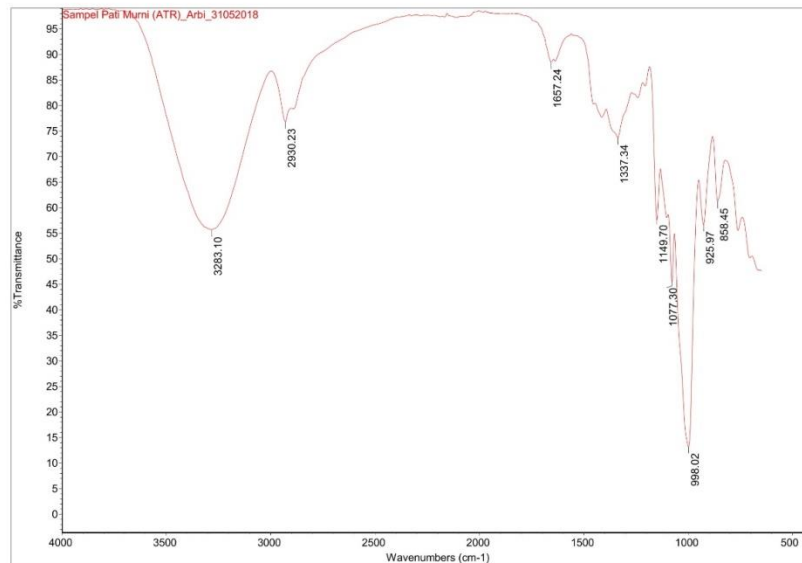
Hasil ini menunjukkan bahwa *wettability* dari film yang dapat dimakan menurun dengan adanya hidrogen peroksida dan asetat anhidrida. Hal ini dikaitkan dengan hidrofobisitas yang lebih tinggi dari film pati tapioka teroksidasi, yang terkait dengan peran gugus karboksil hidrofobik yang tersedia dalam rantai molekul. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa film pati tapioka termodifikasi oksidasi lebih hidrofobik daripada film pati tapioka (Bangyekan *dkk*, 2006).

4.4 Komposisi Kimia *Edible film*

Pengujian untuk mengetahui komposisi kimia dari *edible film* pati tapioka, *edible film* pati tapioka termodifikasi oksidasi dan *edible film* pati tapioka termodifikasi asetilasi menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

4.4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia *Edible film* Berbasis Pati Tapioka

Dari pengujian komposisi kimia *edible film* berbasis pati tapioka dengan menggunakan FTIR didapatkan spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.10.

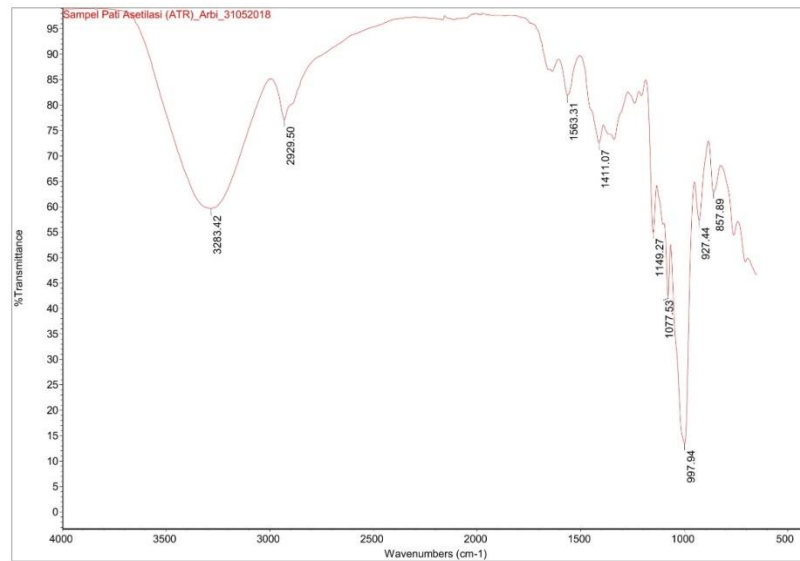


Gambar 4.10 Spektrum Inframerah *Edible film* Berbasis Pati Tapioka

Berdasarkan data pada gambar 4.9 diketahui terdapat gugus fungsi amida (N-H) pada bilangan gelombang $3283,10 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus hidrokarbon (C-H) alkana pada bilangan gelombang $2930,23 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada daerah sidik jari terdapat serapan bilangan gelombang $1667,24 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus hidrokarbon (C=C) alkena. Pada bilangan gelombang $1337,34 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus *aliphatic hydrocarbons*. Terdapat gugus hidrokarbon alkena (C-H) pada bilangan gelombang $998,02 \text{ cm}^{-1}$, $925,97 \text{ cm}^{-1}$, dan $858,45 \text{ cm}^{-1}$.

4.4.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia *Edible film* Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Dari pengujian komposisi kimia *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi dengan menggunakan FTIR didapatkan spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.11.

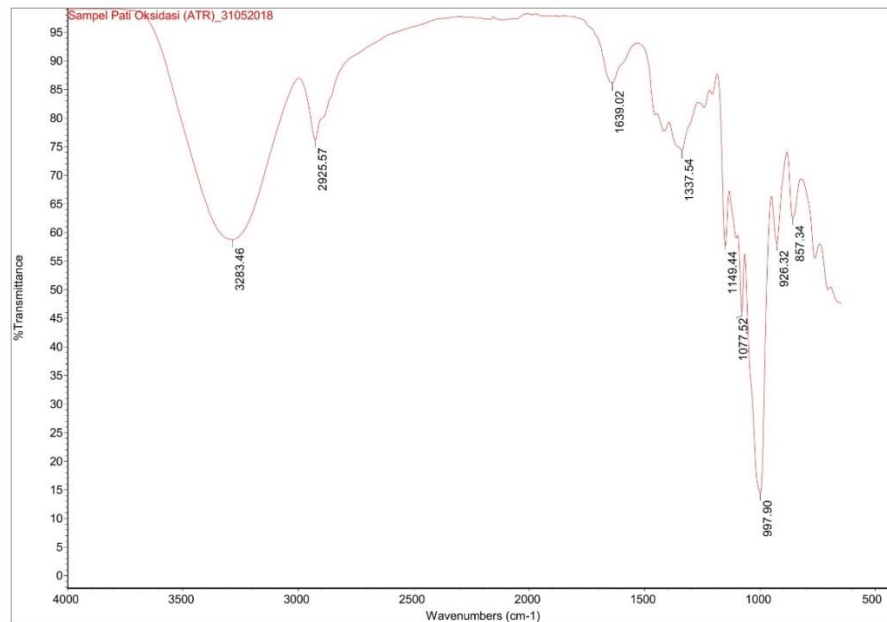


Gambar 4.11 Spektrum Inframerah *Edible film* Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Pada hasil pengujian komposisi kimia *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi pada daerah sidik jari terdapat perbedaan dengan *edible film* berbasis pati tapioka. Pada bilangan gelombang 1563,31 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi cincin aromatic (C=C). Terdapat gugus fungsi hidrokarbon alkana (C-H) pada bilangan gelombang 1411,07 cm⁻¹. Terdapat pula gugus fungsi alkena (C-H) pada bilangan gelombang 997,94 cm⁻¹, 927,44 cm⁻¹ dan 857,89 cm⁻¹.

4.4.3 Hasil Pengujian Komposisi Kimia *Edible film* Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Dari pengujian komposisi kimia *edible film* pati tapioka dengan menggunakan FTIR didapatkan spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Spektrum Inframerah *Edible film* Berbasis Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Berdasarkan data dari gambar 4.12, komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi tidak jauh berbeda dengan *edible film* berbasis pati tapioka. Pada *edible film* pati tapioka berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi transmittannya rendah sehingga konsentrasi gugus fungsinya lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* berbasis pati tapioka.

Pada daerah sidik jari terdapat serapan bilangan gelombang $1639,02 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus hidrokarbon alkena ($\text{C}=\text{C}$) dan bilangan gelombang $997,90 \text{ cm}^{-1}$, $926,32 \text{ cm}^{-1}$, dan $857,34 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi alkena (C-H) dengan transmittan rendah yang berarti konsentrasi dari gugus fungsi tinggi.

4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pati Tapioka dan *Edible film*

Tabel 4.2 Rekapitulasi Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi

Konsentrasi $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	<i>Swelling Power</i> (%)	Kelarutan (%)	Temperatur Gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	Amilosa (%)	Derajat Substitusi (%)
0	9.7	2.5	68		
7.5 ml	14.98	1.23	60	16.62	0.0309
15 ml	15.09	1.62	58	16.78	0.0807
30 ml	15.45	2.46	52	17.08	0.0885
45 ml	16.53	5.88	49	18.14	0.1052

Tabel 4.3 Rekapitulasi Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi

Konsentrasi H ₂ O ₂	Swelling Power (%)	Kelarutan (%)	Temperatur Gelatinisasi (°C)	Amilosa (%)	Karboksil (%)
0	9.7	2.5	68	-	-
1%	15.59	2.84	66	5.56	1.19
1.5%	15.74	3.64	65	14.66	1.05
2%	17.79	4.09	62	15.17	0.97
2.5%	17.81	4.49	61	18.74	0.75

Tabel 4.3 rekapitulasi pati tapioka termodifikasi oksidasi menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi H₂O₂ sangat mempengaruhi kualitasnya dan dari tabel 4.2 pati tapioka termodifikasi asetilasi juga sangat mempengaruhi kualitas pati untuk pengaplikasian pati tapioka tersebut. Jadi metode modifikasi tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, karena untuk pengujian *swelling power* yang paling baik hasilnya yaitu metode oksidasi senilai 17,81% pada konsentrasi 2,5% H₂O₂, untuk pengujian kelarutan yang paling bagus hasilnya ialah metode asetilasi senilai 5,88% pada konsentrasi 45 ml C₄H₆O₃, untuk pengujian temperatur gelatinisasi yang paling baik hasilnya ialah metode asetilasi senilai 49 °C pada konsentrasi 45 ml C₄H₆O₃, untuk pengujian kadar amilosa yang paling baik hasilnya ialah metode oksidasi senilai 18,74% pada konsentrasi 2,5% H₂O₂. Pada metode asetilasi yang digunakan untuk pembuatan *edible film* ialah pati tapioka termodifikasi asetilasi konsentrasi 45 ml C₄H₆O₃ dengan nilai derajat substitusi sebesar 0,1052% dan untuk metode oksidasi yang digunakan untuk pembuatan *edible film* ialah pati tapioka termodifikasi oksidasi konsentrasi 1% H₂O₂ dengan nilai kadar karboksil sebesar 1,19%.

Tabel 4.4 Contact Angle Edible film

Pati	Contact Angle (°)
Pati Tapioka	40.75
Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi	66.36
Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi	54.56

Tabel 4.4 *contact angle edible film* menunjukkan pati tapioka termodifikasi oksidasi yang paling baik untuk dimakan dengan nilai *contact angle* sebesar 66,36%.

Edible film berbasis pati tapioka, *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi, dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi memiliki komposisi kimia yang mirip hanya terdapat perbedaan pada transmitannya, dimana pada *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi trasmitannya rendah yang berarti konsentrasi gugus fungsinya tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Modifikasi dengan metode asetilasi menunjukkan bahwa penambahan asetat anhidrida sangat mempengaruhi kualitas pati tapioka untuk pembuatan *edible film* dan modifikasi dengan metode oksidasi juga menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi H_2O_2 sangat mempengaruhi kualitas pati tapioka untuk pembuatan *edible film*. Sehingga metode modifikasi tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.
2. Sifat fisika dan sifat kimia pada pati tapioka setelah dimodifikasi, pati mengalami perubahan sifat dan struktur kimianya. Pati tapioka termodifikasi asetilasi memiliki hasil kelarutan dan temperatur gelatinisasi lebih baik dari hasil pati tapioka termodifikasi oksidasi. Pati tapioka termodifikasi oksidasi memiliki hasil *swelling power* dan kadar amiloda lebih baik dari pati tapioka termodifikasi asetilasi. Pati tapioka termodifikasi asetilasi mengalami perubahan gugus hidroksil menjadi gugus asetil, sedangkan pati tapioka termodifikasi oksidasi mengalami perubahan gugus hidroksil menjadi gugus karboksil dan karbonil.
3. Kadar air dan *contact angle* dari *edible film* berbasis pati tapioka, pati tapioka termodifikasi oksidasi, dan pati tapioka termodifikasi asetilasi bahwa yang terbaik adalah *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi. Komposisi kimia dari *edible film* berbasis pati tapioka dan *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi oksidasi dengan menggunakan pengujian FTIR yaitu gugus hidrokarbon alkana dan alkena, serta gugus amida. Pada *edible film* berbasis pati tapioka termodifikasi asetilasi memiliki yaitu gugus hidrokarbon alkana dan alkena, gugus amida, serta gugus cicin aromatik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dirumuskan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan beberapa metode modifikasi pati untuk pembuatan *edible film*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengujian *elongation*, ketebalan, dan kekuatan tarik.
3. Perlu memperhatikan standar *edible film* sebagai referensi peneliti berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, Kayode O., Olu-Owolabi, Bamidele I., Olawumi, Esther K., Lawal, Olayide S. 2005. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. *Industrial Crops and Products* 21 343–351
- Aini, Nur, Hariyadi, Purwiyatno. 2007. Pasta Pati Jagung Waxy Dan Non-Waxy Yang Dimodifikasi Secara Oksidasi dan Asetilasi-Oksidasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, hlm. 108-115. ISSN 0853 – 4217.
- Akpa, Jackson Gunorubon dan Dagde, Kenneth Kekpugile. 2012. Modification of Cassava Starch for Industrial Use. *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, 913-919.
- Appleby, D.B, 2005, " *Gliserol on The Biodiesel Handbook*, " AOCS Press.
- Badan Pengelola Alih Teknologi Pertanian, "Tepung Sukun Premium", Pati yang Berasal dari Buah Sukun, <http://bpatp.litbang.pertanian.go.id/ind/index/.php/teknologi-pertanian/55-teknologi-inovatif-badan-litbang-pertanian/772-tepung-sukun-premium> (diakses 8 September 2018).
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, "Pati Sagu", <http://pascapanen.litbang.pertanian.go.id/fix-detail.html?type=product&id=301> (diakses 8 September 2018).
- Bangyekan, C., Aht-Ong, D., Srikulkit, K. 2005. Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-Coated Cassava Starch Films. *Carbohydrate Polymers*, 63, 61–71.
- Betancur, Ancona D., Chel, Guerrero L., and Canizares, Hernandez E. 1997. Acetylation and Characterization of *Canavalia ensiformis* Starch. *Journal Agriculture Food and Chemical*, 45, 378–382.

- Bourtoom T.. 2008. Factors Affecting the Properties of Edible Film Prepared from Mung Bean Proteins. *International Food Research Journal* 15(2): 167-180.
- Budiyati, Catarina S., Kumoro, C.A., Ratnawati, R., Retnowati, S. 2016. Modifikasi pati sukun (*artocarpus altilis*) dengan teknik oksidasi menggunakan hidrogen peroksida tanpa katalis. *Teknik*, 37 (1), 32-40.
- Celanase. 2011. Product Description and Handling Guide Acetyc Anhydride.
- Chattopadhyay, S., Singhal, R. S., and Kulkarni, P. R. 1998. Optimisation of Conditions of Synthesis of Oxidized Starch From Corn and Amaranth for Use in Film-Forming Applications. *Carbohydrate Polymers*, 34, 203–212.
- Coniwanti, P., Laila, L., Alfira, Mardiyah R. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradable; Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* No. 4, Vol. 20.
- Cui, R., Oates, C.G. 1997. The effect of amylose lipid complex formation on enzyme susceptibility of sago starch. *Food Chemistry* 65, 417 – 425
- Cura, Jose A, Jansson, Per-Erik, and Aires, Clara R. Krisman, Buenos and Huddinge. 1995. Amylose is not Strictly Linear. *acestarch/sllrke* 47 Nr. 6. S . 207-209
- Crosbie, G. B. 1991. The Relationship Between Starch Swelling Properties, Paste Viscosity and Boiled Noodle Quality in Wheat Flours. *Journal o/Cereal Science* 13 145-150.
- El-sheikh, M. A., Ramadan, M. A., and El-shafie, A. 2010. Photo-oxidation of Rice Starch. Part I: Using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers*, 80, 266-269.
- Garcia, M.A., Martino, M.N., and Zaritzky, N.E. 2000. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *Institute of Food Technologist*.
- Genevois, Carolina E., de Escalada Pla, Marina F., Flores, Silvia K. 2015. Application f Edible Coatings to Improve Global Quality of Fortified Pumpkin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 33, 506–514.

- Gunathilake, K. D. P. P. & Abeyrathne, Y. M . R. K. 2008. Incorporation of Coconut Flour Into Wheat Flour Noodles And Evaluation of Its Rheological, Nutritional And Sensory Characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32,133–142.
- Henrique, C.M., Teofilo, R.F., Sabino L., Ferreira, M.M.C., and Cereda, M.P. 2007. Classification of Cassava Starch Films by Physicochemical Properties and Water Vapor Permeability Quantification by FTIR and PLS. *Institute of Food Technologist*.
- Hui, Y.H. 2006. *Hanbook Of Food Science, Technology, And Engineering*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Indah Yuliasih dan Titi Candra Sunarti. 2014. Pati Sagu Termodifikasi Sebagai Bahan Starch-Based Plastics. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-3 Yogyakarta*
- Jading, A., Tethool, d., Payung, P., Gultom, S. 2011. Karakteristik Fisikokimia Pati Sagu Hasil Pengeringan Secara Fluidisasi Menggunakan Alat Pengering Cross Flow Fluidized Bed Bertenaga Surya Dan Biomassa. *Reaktor*, Vol. 13 No. 3, Hal. 155-164
- Jane, J. *et al.*, 1999. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemical*, 76, 629–637.
- Kalichevsky, Monica T. And Ring, Stephen G . 1987. Incompatibility of amylose and amylopectin in aqueous solution. *Carbohydrate Research*, 162 (1987) 323-328.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, ” Kemenperin Minta Industri Gunakan Kemasan Mudah Terurai”, <http://www.kemenperin.go.id/artikel/14614/> 14614/ Kemenperin-Minta-Indusri-Gunakan-Kemasan-Mudah-Terurai (diakses 31 Mei 2018).

- Ketola, H., and Hagberg, P. 2003. Modified Starch. *US Patent Office, Pat. No.* 6,670,470.
- Koswara, 2006, *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.
- Kuakpetoon, D., & Wang, Y.-J. (2006). Structural Characteristics and Physicochemical Properties of Oxidized Corn Starches Varying in Amylase Content. *Carbohydrate Research*, 341, 1896–1915.
- Kusumawati, Dyah H., Putri, Widya D.R. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung Yang Diinkorporasi Dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 1 No.1 p.90-100.
- Lukasiewicz1, M., Achremowicz1, B., Bednar,S. 2005. Microwave-assisted Oxidation of Starch Using Hydrogen Peroxide. *International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry*.
- Mali, S., Grossmann, Maria Victo´ria E., Garcia, Maria A., Martino, Miriam N., Zaritzky, Noemi E. 2002. Microstructural Characterization of Yam Starch Films. *Carbohydrate Polymers*, 50, 379–386.
- Moreno, O., Cardenas, J., Atarés, L., Chiralt, A. 2017. Influence of Starch Oxidation on The Functionality of Starch-Gelatin Based Active Films. *Carbohydrate Polymers*, 178, 147–158.
- Mutmainah, Fajriyatul, M., Dimas Rahadian A., Amanto, Bambang Sigit. 2013. Kajian Karakteristik Fisikokimia Tepung Sukun (*Artocarpus Communis*) Termodifikasi Dengan Variasi Lama Perendamanan Konsentrasi Asam Asetat. *Jurnal Teknosains Pangan* Vol 2 No 4
- Nasa, “Hidrogen Peroksida dan Manfaatnya yang Mengagumkan”, <http://ptnasa.net/blog/hidrogen-peroksida/> (diakses 10 September 2018)

- Nugraha, Febrinaldo Eka. 2008. Optimasi Pemecahan Emulsi Air dalam Pelumas Bekas Menggunakan Campuran NaCl-Etanol. Bandung: Prodi Kimia FMIPA ITB
- Onyango , C., Mewa, Eunice A., Mutahi, Anne W., Okoth, Michael W. 2013. Effect of Heat-Moisture-Treated Cassava Starch and Amaranth Malt on The Quality of Sorghum-Cassava Amaranth Bread. *African Journal of Food Science*, 7, 80-86.
- Palguna, I Gusti Putu A., Sugiyono, Hariyanto, Bambang. 2014. Karakteristik Pati Sagu yang Dimodifikasi dengan Perlakuan Gelatinisasi dan Retrogradasi Berulang. *Jurnal Pangan*.
- Parwiyanti, Pratama, F., Wijaya, A., Malahayati, N., dan Lidiasari, E. 2015. Swelling Power Dan Kelarutan Pati Ganyong (*Canna Edulis Kerr.*) Termodifikasi Melalui Heat-Moisture Treatment Dan Penambahan Gum Xanthan Untuk Produk Roti. Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
- Parovuori, P., Hamunen, A., Forssell, P., Autio, K., and Poutanen, K. 1995. Oxidation Of Potato Starch By Hydrogen Peroxide. *Starch/Stärke*, 47, 19–23.
- Pietrzyk, Slawomir, *et al.* 2017. Influence of Amylose Content and Oxidation Level of Potato Starch on Acetylation, Granule Structure and Radicals Formation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 57-67.
- Riley, C. K., Wheatley, A. O., Asemota, H. N. 2006. Isolation and Characterization of Starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. *African Journal of Biotechnology* Vol. 5, 1528-1536.
- Rizkiana, Wening. 2015. Produksi Pati Tapioka Nanokristalin Terasetilasi. Departemen Teknologi Industri Pertanian.
- Robetson Gordon L. 1993. *Food Packing Principles and Practice*. Taylor & Francis Group, LLC

- Rochaeni, Soekarto, Soewarno T., dan Zakaria, Fransiska R. 2007. Kajian Prospek Pengembangan Industri Kecil Tapioka di Sukaraja Kabupaten Bogor. *Jurnal MPI* Vol. 2 No. 2.
- Rumus Kimia, “Rumus Kimia Gliserol”, <http://www.rumuskimia.net/2015/12/rumus-kimia-gliserol.html> (diakses 10 September 2018).
- Rusli ,A, Metusalach, Salengke, Tahir, M Muhammad. 2017. Karakterisasi Edible Film Karagenan Dengan Pemplastis Gliserol.. *JPHPI*, Volume 20 Nomor 2.
- Setiawan, D, Sibarani, J., Suprihatin, Iryanti E. 2013. Perbandingan Efektifitas Disinfektan Kaporit, Hidrogen Peroksida, dan Pereaksi Fenton (H_2O_2/Fe^{2+}). *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, Volume 1, Nomor 2.
- Senanayake, S., Gunaratne, A., Ranawera, K.K.D.S., dan Bamunuarachchi, A. 2013. Effect of heat moisture treatment conditions on swelling power and water soluble index of different cultivars of sweet patato (*Ipomea Batatas* (L). Lam) starch. *ISRN Agronomy*. Hindawi Publishing Corporation 1–4.
- Singh, N., Chawla, D., and Singh, J. 2004. Influence of Acetic Anhydride on Physicochemical, Morphological and Thermal Properties of Corn and Potato Starch. *Food Chemistry*, 86, 601–608.
- Sodhi, Navdeep S. and Singh, Narpinder. 2005. Characteristics of Acetylated Starches Prepared Using Starches Separated from Different Rice Cultivars. *Journal of Food Engineering*, 70, 117–127.
- Suprapti, L. 2005. *Teknologi Pengolahan Pangan Tepung Tapioka dan Pemanfaatannya* . PT Gramedia Pustaka: Jakarta. 80 hlm.
- Tavana, H., Lam, C.N.C., Grundke, K., Friedel, P., Kwok, D.Y., Hair, M.L., Neumann, A.W. 2004, Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules. *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 279, 493-502

- Tzoumaki, Maria V., Biliaderis, Costas G., Vasilakakis, Miltiadis. 2009. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry* 117, 55-63.
- Teja, Albert. 2008. Karakteristik Pati Sagu Dengan Metode Modifikasi Asetilasi Dan Cross-Linking. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* vol. 7 (3): 836- 843.
- Tethool, E., Jading, A., Santoso, B. 2012. Pengaruh konsentrasi hydrogen peroxida dan irradiasi ultraviolet terhadap sifat fisikokimia dan baking expansion pati sagu. *Prosiding InSINas*.
- Vilpoux, O. & Averous, L.
- Wang, Ya-Jane and Wang, Linfeng. 2003. Physicochemical Properties of Common and Waxy Corn Starches Oxidized by Different Levels of Sodium Hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*, 52, 207–217.
- Winarno. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Zobel, H. F., Argo, Illinois. 1988. *Moleculesto Granules:A Comprehensive Starch Review*. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim

LAMPIRAN

A. Perhitungan Asetilasi

1. *Swelling power* dan Kelarutan

Diketahui :

1) Modifikasi Asetilasi B1

Berat Sampel	: 1,0084 gram
Berat labu + sampel	: 15,1084 gram
Berat cawan	: 38,9016 gram
Berat cawan+isi oven	: 38,9140 gram

2) Modifikasi Asetilasi B2

Berat Sampel	: 1,0098 gram
Berat labu + sampel	: 15,2472 gram
Berat cawan	: 48,2091 gram
Berat cawan+isi oven	: 48,2255 gram

3) Modifikasi Asetilasi B3

Berat Sampel	: 1,0081 gram
Berat labu + sampel	: 15,5724 gram
Berat cawan	: 43,1376 gram
Berat cawan+isi oven	: 43,1628 gram

4) Modifikasi Asetilasi B4

Berat Sampel	: 1,0081 gram
Berat labu + sampel	: 16,6656 gram
Berat cawan	: 43,6782 gram
Berat cawan+isi oven	: 43,7375 gram

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{\text{Penambahan bobot (g)} \times 50 \text{ ml}}{\text{Bobot sampel (g)} \times \text{Larutan jernih yang diambil (ml)}} \times 100$$

1) Modifikasi Asetilasi B1

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(38,9140 - 38,9016) \times 50}{1,0084 \times 50} \times 100 \\ &= 1,2296 \% \end{aligned}$$

2) Modifikasi Asetilasi B2

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(48,2255-48,2091) \times 50}{1,0098 \times 50} \times 100 \\ &= 1,6241 \% \end{aligned}$$

3) Modifikasi Asetilasi B3

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(43,1628-43,1376) \times 50}{1,0081 \times 50} \times 100 \\ &= 2,4600 \% \end{aligned}$$

4) Modifikasi Asetilasi B4

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(43,7375-43,6782) \times 50}{1,0081 \times 50} \times 100 \\ &= 5,8823 \% \end{aligned}$$

$$\text{Swelling power (\%)} = \frac{\text{Bobot Pasta yang mengendap}}{\text{Bobot Sampel}}$$

1) Modifikasi Asetilasi B1

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{15,1084}{1,0084} \\ &= 14,9825 \% \end{aligned}$$

2) Modifikasi Asetilasi B22

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{15,2472}{1,0098} \\ &= 15,0992 \% \end{aligned}$$

3) Modifikasi Asetilasi B3

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{15,5724}{1,0081} \\ &= 15,4472 \% \end{aligned}$$

4) Modifikasi Asetilasi B4

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{16,6656}{1,0081} \\ &= 16,5317 \% \end{aligned}$$

2. Temperatur Gelatinisasi

No.	Keterangan sampel	Temperatur	Waktu
1.	Pati Tapioka	68°C	10 menit
2.	Modifikasi Asetilasi B1	60°C	25 menit
3.	Modifikasi Asetilasi B2	58°C	20 menit
4.	Modifikasi Asetilasi B3	52°C	18 menit

5.	Modifikasi Asetilasi B4	49°C	28 menit
----	-------------------------	------	----------

3. Kadar Amilosa

Data Spektrofotometer :

Standar			Pati Tapioka Murni		
No.	Kode	Absorbansi	No.	Kode	Absorbansi
1.	0	0	1.	0	0
2.	4 ppm	0,0437	2.	1	0,1729
3.	4 ppm	0,0445	3.	1	0,1815
4.	8 ppm	0,0969			
5.	8 ppm	0,0978			
6.	12 ppm	0,1651			
7.	12 ppm	0,1662			
8.	16 ppm	0,1806			
9.	16 ppm	0,1808			
10.	20 ppm	0,2522			
11.	20 ppm	0,2544			
Standar			Pati Tapioka Modifikasi		
No.	Kode	Absorbansi	No.	Kode	Absorbansi
1.	0	0	1.	0	0
2.	4 ppm	0,0819	2.	1	0,1645
3.	4 ppm	0,0816	3.	1	0,1735
4.	8 ppm	0,1592	4.	1	0,1556
5.	8 ppm	0,1583	5.	2	0,1708
6.	12 ppm	0,2295	6.	2	0,1684
7.	12 ppm	0,2846	7.	2	0,1590
8.	16 ppm	0,3235	8.	3	0,1697
9.	16 ppm	0,3261	9.	3	0,1711
10.	20 ppm	0,3893	10.	3	0,1667
			11.	4	0,1816

			12.	4	0,1785
			13.	4	0,1788

$$\text{Kadar amilosa \%} = \frac{\text{Absorbansi} \times Fk \times V \times 100}{W} \times 100$$

$$\text{Dimana, Fk} = \frac{1}{\frac{\text{Abs}}{\text{ppm}} \times \text{faktor pengenceran}}$$

Simplo fk :

$$\begin{aligned} \text{Abs/ppm} &= \frac{\left(\frac{0,0819}{4}\right) + \left(\frac{0,1592}{8}\right) + \left(\frac{0,2288}{12}\right) + \left(\frac{0,3235}{16}\right) + \left(\frac{0,3893}{20}\right)}{5} \\ &= \frac{0,0205 + 0,0199 + 0,0191 + 0,0202 + 0,0194}{5} = 0,0198 \end{aligned}$$

$$\text{Fk} = \frac{1}{0,0198 \times 50} = 1,0101$$

Duplo fk :

$$\begin{aligned} \text{Abs/ppm} &= \frac{\left(\frac{0,0816}{4}\right) + \left(\frac{0,1583}{8}\right) + \left(\frac{0,2295}{12}\right) + \left(\frac{0,3261}{16}\right) + \left(\frac{0,3804}{20}\right)}{5} \\ &= \frac{0,0204 + 0,0198 + 0,0191 + 0,0204 + 0,0190}{5} = 0,0197 \end{aligned}$$

$$\text{Fk} = \frac{1}{0,0197 \times 50} = 1,0152$$

Jadi untuk data fk yang dipilih adalah yang paling kecil yaitu 1,0101. Hasil kadar amilosa yang dihitung akan di rata rata terlebih dahulu absorbansinya senilai 7,5 ml = 0,1645; 15 ml = 0,1661 ; 30 ml = 0,1691 ; 45 ml = 0,1796.

1) Modifikasi Asetilasi B1

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1645 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 16,6161 \%$$

2) Modifikasi Asetilasi B2

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1661 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 16,7777 \%$$

3) Modifikasi Asetilasi B3

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1691 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 17,0808 \%$$

4) Modifikasi Asetilasi B4

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1796 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 18,1414 \%$$

4. Derajat Subtitusi

Diketahui :

Blanko = 26 ml HCl

1) Modifikasi Asetilasi B1

Simplo

W = 1,0055 gram

HCl = 25,4 ml

Duplo

W = 1,0039 gram

HCl = 25,8 ml

2) Modifikasi Asetilasi B2

Simplo

W = 1,0047 gram

HCl = 24,9 ml

Duplo

W = 1,0021 gram

HCl = 25,1 ml

3) Modifikasi Asetilasi B3

Simplo

W = 1,0044 gram

HCl = 24,9 ml

Duplo

W = 1,0074 gram

HCl = 24,9 ml

4) Modifikasi Asetilasi B4

Simplo

W = 1,0002 gram

HCl = 24,9 ml

Duplo

W = 1,0005 gram

HCl = 24,5 ml

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 M (B-S)}{1000 W}$$

1) Modifikasi Asetilasi B1

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 \times 0,5 (26-25,6)}{1000 \times 1,0047} = 0,0309 \%$$

2) Modifikasi Asetilasi B2

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 \times 0,5 (26-25)}{1000 \times 1,0074} = 0,0807 \%$$

3) Modifikasi Asetilasi B3

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 \times 0,5 (26,-24,9)}{1000 \times 1,0059} = 0,0885 \%$$

4) Modifikasi Asetilasi B4

$$\text{Derajat Subtitusi (\%)} = \frac{162 \times 0,5 (26-24,7)}{1000 \times 1,00035} = 0,1052 \%$$

B. Perhitungan Oksidasi

1. Swelling power dan Kelarutan

Diketahui :

1) Modifikasi Oksidasi 1 (100/1%)

Berat Sampel : 1,0068 gram

Berat labu + sampel : 15,6920 gram

Berat cawan : 39,1368 gram

Berat cawan+isi oven : 39,1654 gram

2) Modifikasi Oksidasi 2 (100/1,5%)

Berat Sampel : 1,0057 gram

Berat labu + sampel : 15,8338 gram

Berat cawan : 43,1280 gram

Berat cawan+isi oven : 43,1646 gram

3) Modifikasi Oksidasi 3 (100/2%)

Berat Sampel : 1,0016 gram

Berat labu + sampel : 17,8174 gram

Berat cawan : 52,3393 gram

Berat cawan+isi oven : 52,3803 gram

4) Modifikasi Oksidasi 4 (100/2,5%)

Berat Sampel : 1,0038 gram

Berat labu + sampel : 17,8675 gram

Berat cawan : 47,8565 gram

Berat cawan+isi oven : 47,9016 gram

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{\text{Penambahan bobot (g)} \times 50 \text{ ml}}{\text{Bobot sampel (g)} \times \text{Larutan jernih yang diambil (ml)}} \times 100$$

1) Modifikasi Oksidasi 1 (100/1%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(39,1654 - 39,1368) \times 50}{1,0068 \times 50} \times 100 \\ &= 2,84 \% \end{aligned}$$

2) Modifikasi Oksidasi 2 (100/1,5%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(43,1646 - 43,1280) \times 50}{1,0057 \times 50} \times 100 \\ &= 3,64 \% \end{aligned}$$

3) Modifikasi Oksidasi 3 (100/2%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(52,3803 - 52,3393) \times 50}{1,0016 \times 50} \times 100 \\ &= 4,09 \% \end{aligned}$$

4) Modifikasi Oksidasi 4 (100/2,5%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kelarutan} &= \frac{(47,9016 - 47,8565) \times 50}{1,0038 \times 50} \times 100 \\ &= 4,49 \% \end{aligned}$$

$$\text{Swelling power (\%)} = \frac{\text{Bobot Pasta yang mengendap}}{\text{Bobot Sampel}}$$

1) Modifikasi Oksidasi 1 (100/1%)

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{15,6920}{1,0068} \\ &= 15,59 \% \end{aligned}$$

2) Modifikasi Oksidasi 2 (100/1,5%)

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{15,8338}{1,0057} \\ &= 15,74 \% \end{aligned}$$

3) Modifikasi Oksidasi 3 (100/2%)

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{17,8174}{1,0016} \\ &= 17,79 \% \end{aligned}$$

4) Modifikasi Oksidasi 4 (100/2,5%)

$$\begin{aligned} \text{Swelling power (\%)} &= \frac{17,8775}{1,0038} \\ &= 17,81 \% \end{aligned}$$

2. Temperatur Gelatinisasi

No.	Keterangan sampel	Temperatur	Waktu
1.	Pati Tapioka Murni	68°C	10 menit
2.	Modifikasi Oksidasi 1 (1%)	66°C	10 menit
3.	Modifikasi Oksidasi 2 (1,5%)	65°C	18 menit
4.	Modifikasi Oksidasi 3 (2%)	62°C	15 menit
5.	Modifikasi Oksidasi 4 (2,5%)	61°C	10 menit

3. Kadar Amilosa

Data Spektrofotometer :

Standar			Pati Tapioka Murni		
No.	Kode	Absorbansi	No.	Kode	Absorbansi
1.	0	0	1.	0	0
2.	4 ppm	0,0437	2.	1	0,1729
3.	4 ppm	0,0445	3.	1	0,1815
4.	8 ppm	0,0969			

5.	8 ppm	0,0978			
6.	12 ppm	0,1651			
7.	12 ppm	0,1662			
8.	16 ppm	0,1806			
9.	16 ppm	0,1808			
10.	20 ppm	0,2522			
11.	20 ppm	0,2544			
Standar			Pati Tapioka Modifikasi		
No.	Kode	Absorbansi	No.	Kode	Absorbansi
1.	0	0	1.	0	0
2.	4 ppm	0,0819	2.	1	0,0552
3.	4 ppm	0,0816	3.	1	0,0542
4.	8 ppm	0,1592	4.	1	0,0558
5.	8 ppm	0,1583	5.	2	0,1296
6.	12 ppm	0,2295	6.	2	0,1497
7.	12 ppm	0,2846	7.	2	0,1561
8.	16 ppm	0,3235	8.	3	0,1418
9.	16 ppm	0,3261	9.	3	0,1659
10.	20 ppm	0,3893	10.	3	0,1429
			11.	4	0,1872
			12.	4	0,1854
			13.	4	0,1839

$$\text{Kadar amilosa \%} = \frac{\text{Absorbansi} \times Fk \times V \times 100}{W} \times 100$$

$$\text{Dimana, Fk} = \frac{1}{\frac{\text{Abs}}{\text{ppm}} \times \text{faktor pengenceran}}$$

Simplo fk :

$$\begin{aligned} \text{Abs/ppm} &= \frac{\left(\frac{0,0819}{4}\right) + \left(\frac{0,1592}{8}\right) + \left(\frac{0,2288}{12}\right) + \left(\frac{0,3235}{16}\right) + \left(\frac{0,3893}{20}\right)}{5} \\ &= \frac{0,0205 + 0,0199 + 0,0191 + 0,0202 + 0,0194}{5} = 0,0198 \end{aligned}$$

$$\text{Fk} = \frac{1}{0,0198 \times 50} = 1,0101$$

Duplo fk :

$$\begin{aligned} \text{Abs/ppm} &= \frac{\left(\frac{0,0816}{4}\right) + \left(\frac{0,1583}{8}\right) + \left(\frac{0,2295}{12}\right) + \left(\frac{0,3261}{16}\right) + \left(\frac{0,3804}{20}\right)}{5} \\ &= \frac{0,0204 + 0,0198 + 0,0191 + 0,0204 + 0,0190}{5} = 0,0197 \end{aligned}$$

$$\text{Fk} = \frac{1}{0,0197 \times 50} = 1,0152$$

Jadi untuk data fk yang dipilih adalah yang paling kecil yaitu 1,0101. Hasil kadar amilosa yang dihitung akan di rata rata terlebih dahulu absorbansinya senilai 1% = 0,055 ; 1,5% = 0,1451 ; 2% = 0,1502 ; 2,5% = 0,1855.

1) Modifikasi Oksidasi A (100/1%)

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,055 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 5,56$$

2) Modifikasi Oksidasi B (100/1,5%)

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1451 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 14,66$$

3) Modifikasi Oksidasi C (100/2%)

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1502 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 15,17$$

4) Modifikasi Oksidasi D (100/2,5%)

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{0,1855 \times 1,0101 \times 100}{100} \times 100 = 18,74$$

4. Kadar Karboksil

Diketahui :

1) Modifikasi Oksidasi 1 (100/1%)

$$W = 3,0061 \text{ gram}$$

$$V \text{ titer sampel} = 24,3 \text{ ml}$$

$$V \text{ titer blanko} = 23,5 \text{ ml}$$

2) Modifikasi Oksidasi 2 (100/1,5%)

$$W = 3,0013 \text{ gram}$$

$$V \text{ titer sampel} = 24,2 \text{ ml}$$

$$V \text{ titer blanko} = 23,5 \text{ ml}$$

3) Modifikasi Oksidasi 3 (100/2%)

$$W = 3,0048 \text{ gram}$$

$$V \text{ titer sampel} = 24,15 \text{ ml}$$

$$V \text{ titer blanko} = 23,5 \text{ ml}$$

4) Modifikasi Oksidasi 4 (100/2,5%)

$$W = 3,0098 \text{ gram}$$

$$V \text{ titer sampel} = 24 \text{ ml}$$

$$V \text{ titer blanko} = 23,5 \text{ ml}$$

$$\% \text{ Karboksil} = \frac{(V \text{ titer sampel} - V \text{ titer blanko}) \times N \text{ NaOH} \times 0,045 \times 100}{\text{Berat sampel}}$$

1) Modifikasi Oksidasi 1 (100/1%)

$$\% \text{ Karboksil} = \frac{(24,3 - 23,5) \times 1 \times 0,045 \times 100}{3,0061} = 1,19$$

2) Modifikasi Oksidasi 2 (100/1,5%)

$$\% \text{ Karboksil} = \frac{(24,2 - 23,5) \times 1 \times 0,045 \times 100}{3,0013} = 1,05$$

3) Modifikasi Oksidasi 3 (100/2%)

$$\% \text{ Karboksil} = \frac{(24,15 - 23,5) \times 1 \times 0,045 \times 100}{3,0048} = 0,97$$

4) Modifikasi Oksidasi 4 (100/2,5%)

$$\% \text{ Karboksil} = \frac{(24 - 23,5) \times 1 \times 0,045 \times 100}{3,0098} = 0,75$$

C. Perhitungan Kadar Air Edible Film

$$\text{Rumus : } \% \text{ Moisture content (Mc)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100$$

Dimana: M_o = berat sampel sebelum dikeringkan (g)

M = berat erlenmeyer setelah pengeringan (g)

1. Pati Tapioka

Diketahui:

$$M_o = 49.1797$$

$$M = 49.0229$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{49.1797 - 49.0229}{49.1797} \times 100 \\ &= 0.32 \% \end{aligned}$$

2. Pati Tapioka Termodifikasi Oksidasi A1-A3

1) A1

Diketahui:

$$M_o = 43.7587$$

$$M = 43.6488$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{43.7587 - 43.6488}{43.7587} \times 100 \\ &= 0.25 \% \end{aligned}$$

2) A2

Diketahui:

$$M_o = 47.2445$$

$$M = 46.8441$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{47.2445 - 46.8441}{47.2445} \times 100 \\ &= 0.85 \% \end{aligned}$$

3) A3

Diketahui:

$$M_o = 39.9385$$

$$M = 39.6236$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{39.9385 - 39.6236}{39.9385} \times 100 \\ &= 0.79 \% \end{aligned}$$

3. Pati Tapioka Termodifikasi Asetilasi A1-A3

1) B1

Diketahui:

$$M_o = 49.0856$$

$$M = 48.7301$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{49.0856 - 48.7301}{49.0856} \times 100 \\ &= 0.72 \% \end{aligned}$$

2) B2

Diketahui:

$$M_o = 44.7574$$

$$M = 44.3600$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{44.7574 - 44.3600}{44.7574} \times 100 \\ &= 0.88 \% \end{aligned}$$

3) B3

Diketahui:

$$M_o = 41.5523$$

$$M = 41.4278$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Moisture content (Mc)} &= \frac{41.5523 - 41.4278}{41.5523} \times 100 \\ &= 0.29 \% \end{aligned}$$

