

**KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* FUNGSIONAL DODOL
DARI PATI BONGGOL PISANG TERMODIFIKASI DENGAN
METODE *AUTOCLAVING-COOLING* DAN FORTIFIKASI
ALGA MERAH**

*CHARACTERISTIC OF DODOL FUNCTIONAL EDIBLE FILM
FROM MODIFIED STARCH OF BANANA'S HUMP WITH
AUTOCLAVING-COOLING METHOD AND FORTIFICATION
RED ALGAE*

BRIGITA LESTARI MERBA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASSANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* FUNGSIONAL DODOL DARI PATI
BONGGOL PISANG TERMODIFIKASI DENGAN METODE
AUTOCLAVING-COOLING DAN FORTIFIKASI ALGA MERAH**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi
Magister Kimia**

Disusun dan diajukan oleh

BRIGITA LESTARI MERBA

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

TESIS

**KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* FUNGSIONAL DODOL DARI
PATI BONGGOL PISANG TERMODIFIKASI DENGAN
METODE *AUTOCLAVING-COOLING* DAN FORTIFIKASI
ALGA MERAH**

Disusun dan diajukan oleh:

BRIGITA LESTARI MERBA
Nomor Pokok H012191017

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada Tanggal 4 Agustus 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui:
Komisi Penasehat



Dr. Hasnah Natsir, M.Si

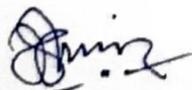
Ketua



Dr. Seniwati Dall, M.Si

Anggota

Ketua Program Studi
Magister Kimia



Dr. Hasnah Natsir, M.Si

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si

PERNYATAAN KEASLIHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Brigita Lestari Merba

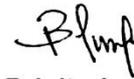
Nomor Mahasiswa : H012191017

Program Studi : Magister Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 10 Agustus 2021

Yang menyatakan



Brigita Lestari Merba

PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah yang diberikan selama ini kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas tesis ini dengan judul “Karakteristik *Edible Film* Fungsional Dodol dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dengan Metode *Autoclaving-Cooling* dan Fortifikasi Alga Merah”. Tujuan penyusunan tesis yaitu sebagai salah satu syarat mencapai gelar magister di Universitas Hassanuddin, Makassar.

Penulis menyadari bahwa dalam proses awal hingga selesainya penyusunan tesis ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan untuk mewujudkan selesainya tesis ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada:

1. **Dr. Hasnah Natsir, M.Si** dan **Dr. Seniwati Dali, M.Si** selaku ketua dan anggota komisi penasehat serta **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.SC.**, **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, M.S.**, dan **Dr. Siti Fauziah, S.Si, M.Si** selaku tim dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
2. **Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin** atas ilmu, arahan, dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
3. **Teman-Teman, mahasiswa (i)**, seperjuangan program pascasarjana kimia 2019 yang turut memberikan dukungan dan bantuannya, **Nurmalasari, Andi Akbar**, dan teman-teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu.
4. **Sahabat-sahabat** yang senantiasa membantu dan berbagi ilmu bersama penulis, **Anastasia Brigita** dan **Andi Ariatma Santi Aksan** terima kasih untuk semangat, dukungan, kebersamaan yang tak terlupakan.

5. **Terkhusus kepada kedua orang tua Merry Allolayuk dan Alm. Ir. Yappa Baru**, atas doa, kasih sayang, motivasi, semangat, dan nasehat untuk penulis. **Angela Lestari Merba dan Eugenius Satria Allolayuk**, yang selalu mendoakan, memotivasi, dan menasehati penulis.

Sebagai manusia biasa, penulis sangat menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan memerlukan perbaikan secara menyeluruh. Hal ini tidak lain disebabkan karena keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki penulis. Berbagai saran dan kritik yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan untuk menyempurnanya penulisan tesis ini.

Makassar, 10 Agustus 2021

Brigita Lestari Merba

ABSTRAK

BRIGITA LESTARI MERBA. Karakteristik *Edible Film* Fungsional Dodol dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dengan Metode *Autoclaving-Cooling* dan Fortifikasi Alga Merah (dibimbing oleh Hasnah Natsir dan Seniwati Dali).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik pati bonggol pisang termodifikasi menggunakan metode *autoclaving-cooling* terhadap suhu pendinginan 4 dan -18 °C, menentukan karakteristik *edible film* pati bonggol pisang termodifikasi serta pengaruh variasi konsentrasi *stabilizer* alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap karakteristik *edible film*, dan menguji efektivitas *edible film* sebagai kemasan dodol.

Tahapan inti dari penelitian ini yaitu tahap preparasi pati bonggol pisang, modifikasi pati metode *autoclaving-cooling*, pembuatan gel alga merah, pembuatan *edible film* fungsional, pembuatan dodol dan pengemasan dodol. *Edible film* merupakan kemasan biodegradable dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemas sehingga pemanfaatan pati bonggol pisang termodifikasi yang menghasilkan karakteristik resisten dapat menambah nilai fungsional bagi kesehatan pencernaan. Pemanfaatan *stabilizer* dari alga merah dapat meningkatkan karakteristik mekanik *film* maupun mikrobiologi.

Pati bonggol pisang termodifikasi yang dihasilkan memiliki karakteristik terbaik pada suhu pendinginan 4 °C yaitu kadar pati resisten 25,3%, kadar amilosa 27,95%, kadar air 5,2%. *Edible film* menggunakan bahan baku pati bonggol pisang termodifikasi dengan konsentrasi terbaik dari alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) yaitu 2% dan memiliki karakteristik yaitu ketebalan 0,20 mm, biodegradabilitas 6 hari, laju transmisi uap air 3,15 g/24 jam.m², kuat tarik 4,30 Mpa, elongasi 26,38%. Efektivitas pengemasan dodol menggunakan *edible film* pati termodifikasi dan gel alga merah 2% yaitu waktu umur simpan selama 4 minggu atau lebih unggul dibandingkan menggunakan plastik PP.

Kata Kunci: *edible film*, pati bonggol pisang termodifikasi, alga merah (*Kappaphycus alvarezii*)

ABSTRACT

Brigita Lestari Merba. *Characteristic of Dodol Functional Edible Film from Modified Starch of Banana's Hump with Autoclaving-Cooling Method and Fortification Red Algae* (Adviser by Hasnah Natsir dan Seniwati Dali)

This study aims to determine the characteristics of the modified starch of banana's hump produced using the autoclaving-cooling method at cooling temperatures of 4 and -18 °C, determine the characteristics of the edible film with concentration variations of red algae (*Kappaphycus alvarezii*) as a stabilizer on the characteristics of the edible film, and analysis the effectiveness of dodol packaging using edible film.

The research of point stage, namely the preparation of banana's hump starch, modification of the starch with autoclaving-cooling method, making red algae gel, making functional edible films, making dodol and packaging dodol. Edible film is biodegradable packaging that can be eaten together with packaged products so that the use of modified starch which produces resistant characteristic can add functional value to digestive health. Utilization of a stabilizer from red algae can improve the mechanical and microbiology characteristics of the film.

The resulting modified starch of banana's hump had the best characteristics at cooling temperature of 4 °C, namely 25.3% resistant starch, 27.95% amylose content, 5.2% moisture content. Edible film uses modified starch of banana's hump with the best concentration of red algae (*Kappaphycus alvarezii*), which is 2%, has the characteristics of 0.20 mm thickness, 6 days biodegradability, 3.15 g/24 hours.m² water vapor transmission rate, 4.30 Mpa tensile strength, 26.38% elongation. The effectiveness of dodol packaging using modified starch edible film and 2% red algae gel is a shelf life of 4 weeks or superior to using PP plastic.

Key words: *edible film*, modified starch of banana's hump, red algae (*Kappaphycus alvarezii*)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengajuan Tesis	ii
Halaman Pengesahan Tesis	iii
Pernyataan Keaslian Tesis	iv
Prakata	v
Abstrak	vii
Abstract	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xvi
Daftar Singkatan	xvii
Bab I Pendahuluan	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
Bab II Tinjauan Pustaka	
A. Pengertian <i>Edible Film</i>	7
B. Fungsi <i>Edible Film</i>	8
C. Komponen <i>Edible Film</i>	9
1. Bahan Baku <i>Edible Film</i> (Hidrokoloid)	10
2. <i>Plasticizers</i>	11
3. <i>Stabilizer</i>	12
D. Peran Polisakarida (Pati) Sebagai Bahan Baku	13
1. Pati Bonggol Pisang	15

2. Modifikasi <i>Autoclaving-Cooling</i>	17
3. Pati Termodifikasi (Pati Resisten)	18
E. Sorbitol	20
F. Alga Merah (<i>Kappaphycus alvarezii</i>)	21
G. Mekanisme Pembuatan <i>Edible Film</i>	23
1. Pendispersi	23
2. Pengaturan Suhu	23
3. Penambahan <i>Plasticizers</i>	24
4. Penambahan <i>Stabilizer</i>	25
5. Pencetakan dan Pengeringan	25
H. Karakteristik <i>Edible Film</i>	26
1. Ketebalan	26
2. Kuat Tarik	27
3. Elongasi	28
4. Laju Transmisi Uap Air	29
5. Biodegradabilitas	29
I. Dodol	30
J. Hipotesis	34
BAB III Metodologi Penelitian	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	35
B. Alat dan Bahan Penelitian	35
1. Alat	35
2. Bahan	36
C. Prosedur Penelitian	36
1. Preparasi Pati Bonggol Pisang	36
2. Modifikasi Pati Metode <i>Autoclaving-Cooling</i>	37
3. Pembuatan Gel Alga Merah	38
4. Pembuatan <i>Edible Film</i> Fungsional	39
5. Pembuatan dan Pengemasan	40
Dodol Tepung Ketan Hitam	
D. Teknik Pengumpulan Data	40

BAB IV PEMBAHASAN	
A. Karakteristik Pati Bonggol Pisang dan Pati Termodifikasi	51
B. Karakteristik <i>Edible Film</i>	60
C. Karakteristik Aplikasi <i>Edible Film</i>	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	74
B. Saran	75
Daftar Pustaka	76
Lampiran	83

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kandungan Amilosa dan Amilopektin Beberapa Sumber Pati	14
2. Karakteristik Pati Bonggol Pisang	16
3. Karakteristik Alga Merah (<i>Kappaphycus alvarezii</i>)	22
4. Standar Karakteristik <i>Edible Film</i>	26
5. Syarat Mutu Dodol	31
6. Variasi Konsentrasi Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dan <i>Kappaphycus alvarezii</i>	39
7. Total Angka Kapang (Umur Simpan) Dodol + Kemasan	70
8. Organoleptik Dodol terkemas <i>Edible Film</i>	72
9. Penentuan Glukosa Dalam Bahan Dengan Metode Luff Schoorl	95
10. F Tabel Uji Organoleptik Rasio Ragam Taraf 5 %	96
11. F Tabel Uji Organoleptik Rasio Ragam Taraf 1 %	97
12. Data dan Hasil Pengamatan Kadar Pati	99
13. Data dan Hasil Pengamatan Kadar Air Pati Termodifikasi	101
14. Data Kurva Standar Amilosa Murni	101
15. Data dan Hasil Pengamatan Kadar Amilosa Pati Termodifikasi	104
16. Data dan Hasil Pengamatan Kadar Pati Resisten Pati Termodifikasi	107
17. Ketebalan <i>Edible Film</i>	107
18. Data dan Hasil Pengamatan Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> AM 0%	109
19. Data dan Hasil Pengamatan Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> AM 0,5%	109

20. Data dan Hasil Pengamatan Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> AM 1%	110
21. Data dan Hasil Pengamatan Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> AM 1,5%	110
22. Data dan Hasil Pengamatan Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> AM 2%	111
23. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Edibe Film</i> AM 0%	111
24. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Edibe Film</i> AM 2%	112
25. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Polypropylene</i> (PP)	112
26. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Edibe Film</i> AM 0% + Dodol	113
27. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Edibe Film</i> AM 2% + Dodol	113
28. Data dan Hasil Pengamatan Total Angka Kapang <i>Polypropylene</i> + Dodol	114
29. Data dan Hasil Penilaian Organoleptik Panelis Terhadap Rasa	115
30. Data Perhitungan Lanjutan Organoleptik Rasa	117
31. Data Perhitungan Sumber Keseragaman dan F hitung Organoleptik Rasa	118
32. Data dan Hasil Penilaian Organoleptik Panelis Terhadap Tekstur	119
33. Data Perhitungan Lanjutan Organoleptik Tekstur	120
34. Data Perhitungan Sumber Keseragaman dan F hitung Organoleptik Tekstur	120
35. Data dan Hasil Penilaian Organoleptik Panelis Terhadap Warna	121
36. Data Perhitungan Lanjutan Organoleptik Warna	122

37. Data Perhitungan Sumber Keceragaman dan F hitung Organoleptik Warna	122
38. Data dan Hasil Penilaian Organoleptik Panelis Terhadap Aroma	123
39. Data Perhitungan Lanjutan Organoleptik Aroma	124
40. Data Perhitungan Sumber Keceragaman dan F hitung Organoleptik Aroma	124

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. <i>Edible Film</i>	8
2. Struktur Molekul Amilosa	13
3. Struktur Molekul Amilopektin	14
4. Bonggol Pisang	17
5. Pati Bonggol Pisang	17
6. Struktur molekul sorbitol	21
7. <i>Kappaphycus alvarezii</i>	22
8. Kerangka Pikir	33
9. Grafik Kadar Amilosa Pati Bonggol Pisang dan Pati Termodifikasi	54
10. Grafik Kadar Air Pati Bonggol Pisang dan Pati Termodifikasi	56
11. Grafik Kadar Pati Resisten Pati Bonggol Pisang dan Pati Termodifikasi	58
12. Grafik Ketebalan <i>Edible Film</i> dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dan <i>Stabilizier</i> Alga Merah	61
13. Grafik Kuat Tarik dan Elongasi <i>Edible Film</i> dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dan <i>Stabilizier</i> Alga Merah	63
14. Grafik Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dan <i>Stabilizier</i> Alga Merah	65
15. Grafik Biodegradabilitas <i>Edible Film</i> dari Pati Bonggol Pisang Termodifikasi dan <i>Stabilizier</i> Alga Merah	67
16. Kurva Standar Amilosa Murni	102

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Lampiran 1: Tahap Penelitian	83
2. Lampiran 2: Skema Prosedur Penelitian	84
3. Lampiran 3: Skema Tahap Pengumpulan Data	89
4. Lampiran 4: Tabel Penentuan Data Analisis	96
5. Lampiran 5: Data Pengamatan dan Perhitungan	99
6. Lampiran 6: Data Analisis Pengukuran Kuat Tarik dan Elongasi <i>Edible Film</i>	125
7. Lampiran 7: Identifikasi Alga Merah	130
8. Lampiran 8: Dokumentasi Penelitian	131

DAFTAR SINGKATAN

AM	= Alga Merah	pH	= power of hydrogen
PP	= <i>Polypropylena</i>	rpm	= rotasi per menit
CMC	= <i>Carboxymethyl Cellulosa</i>	S1	= supernatan 1
v/b	= volume per berat	S2	= supernatan 2
b/v	= berat per volume	UV	= ultraviolet
α	= alfa	nm	= nanometer
Kkal	= kilo kalori	kgf	= kilogram gaya
ppm	= part per million	Pb	= Timbal
N	= Normalitas	Cu	= Tembaga
M	= Molaritas	Hg	= Merkuri
MPa	= Mega Pascal	°C	= derajat celcius
PDA	= Potato Dextrosa Agar		
SNI	= Standar Nasional Indonesia		
AOAC	= The Association of Official Agricultural Chemist		

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kemasan plastik merupakan salah satu jenis kemasan yang banyak digunakan dengan pertimbangan ekonomis, ringan, dan mampu meningkatkan pengawetan produk. Namun, kemasan plastik juga menjadi salah satu masalah terbesar pada limbah padat karena terbuat dari polimer sintesis. Polimer sintesis ini tidak mudah terurai di lingkungan (*non-biodegradable*) sehingga keberadaannya yang berlebih di alam dapat menyebabkan ekosistem lingkungan terganggu. Limbah plastik dari polimer sintesis memerlukan beberapa solusi penanganan yang tepat, misalnya penggunaan kemasan yang ramah lingkungan, seperti *edible film* (Widodo dkk., 2019). Penelitian oleh safitri dkk (2020) dan Lailyningtyas dkk (2020) terkait pembuatan *edible film* menunjukkan keberhasilan dari pembuatan *edible film* serta analisis karakteristik.

Edible film adalah salah satu jenis kemasan plastik yang ramah lingkungan sehingga dapat diurai oleh lingkungan lebih cepat (*biodegradable*). *Edible film* memiliki beberapa ciri yaitu, plastik berlapis tipis, bersentuhan langsung dengan produk yang dikemas, dan dapat dibentuk sesuai bentuk produk yang dikemas. Bahan utama dalam pembuatan *edible film* adalah polimer alami, seperti polisakarida, protein, lemak, dan komposit (campuran polimer).

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida, kelompok hidrofilik (larut air), yang tersedia melimpah, mudah terurai, mudah diperoleh, dan murah (Lailyningtyas dkk., 2020). Kandungan amilosa pada pati memiliki peran penting dalam pembuatan *edible film* yaitu mempengaruhi matriks *film*, sehingga *film* yang dihasilkan akan menjadi lebih kompak (Galindez dkk., 2019). Pati dapat diperoleh dari bahan alam, salah satu sumber pati dari bahan alam limbah yaitu bonggol pisang.

Bonggol pisang merupakan salah satu limbah yang memiliki kandungan pati tinggi yaitu sekitar 76% (Zana, 2019) dan bersumber dari salah satu tanaman di Indonesia (pohon pisang) yang cukup melimpah. Pengolahan pati bonggol pisang dapat mendukung penanganan limbah menjadi bahan yang lebih produktif. Pati bonggol pisang yang diperoleh dari bahan alam dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut air dapat dimodifikasi untuk memperoleh atau meningkatkan karakteristik tertentu dari pati tersebut, salah satu metode modifikasi yang mampu meningkatkan karakteristik fungsional dari pati dan mempertahankan karakteristik organoleptik dari pati yaitu metode *autoclaving-cooling*.

Metode *autoclaving-cooling* merupakan salah satu metode modifikasi pati secara fisik, menggunakan suhu tinggi (121 °C) dan dilanjutkan proses pendinginan, yang efektif untuk membentuk sifat resisten tipe III pada pati dengan kadar tertentu (Setiarto dkk., 2019). Karakteristik pati resisten dapat memberikan fungsi kesehatan bagi pencernaan tubuh karena pati resisten

dapat membantu metabolisme pencernaan sebagai konsumsi bakteri baik (pangan prebiotik), khususnya di dalam usus besar.

Fungsi dari pati resisten dapat mendukung fungsi *edible film* sebagai kemasan produk pangan, kemasan yang dapat dikonsumsi, dan dapat memberi manfaat fungsional bagi kesehatan (Parra dkk., 2020). *Edible film* yang dihasilkan dapat berperan sebagai solusi limbah padat ketika tidak dikonsumsi dan sebagai fungsi kesehatan bagi pencernaan manusia ketika dikonsumsi oleh konsumen karena terdapat pati resisten sebagai sumber energi bagi bakteri pengurai makanan di usus besar.

Pembuatan *edible film* diperlukan bahan pendukung yaitu *plasticizers* dan *stabilizer*. *Plasticizers* bermanfaat untuk elastisitas *film* dan *stabilizer* bermanfaat untuk meningkatkan tekstur permukaan *film* serta memaksimalkan kuat tarik *film*. Berdasarkan penelitian terbaru dan terkait mengenai *edible film* dari pati dijelaskan bahwa salah satu *Plasticizers* yang efektif untuk bahan baku pati yaitu sorbitol (Ratnaningsihtyas, 2019). Penggunaan sorbitol sebagai bahan tambahan pangan diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012.

Penggunaan *stabilizer* dapat memanfaatkan bahan alam, salah satunya yaitu alga merah. Alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* merupakan jenis alga merah yang efektif digunakan sebagai *stabilizer* dalam produk pangan, seperti olahan ayam (Datunsolang dkk., 2019). Selain itu, alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* memiliki harga yang ekonomis, mudah diperoleh, dan dapat mendukung diversifikasi tanaman

laut di Indonesia sebagai negara maritim. Berdasarkan manfaat dan keunggulan dari alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* maka potensi pemanfaatan alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* sebagai *stabilizer* pada produk kemasan pangan yang layak dikonsumsi (*edible film*) perlu dianalisis efektivitasnya, khususnya terhadap pengaruh konsentrasi *stabilizer* alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* dalam pembuatan *edible film* dari pati termodifikasi.

Aplikasi penggunaan *edible film* sebagai kemasan produk pangan dapat dapat dimanfaatkan pada produk olahan pangan. Jenis produk pangan yang dikemas *edible film* yaitu pangan yang dapat bersentuhan langsung dengan kemasan, seperti: sosis, permen, dan dodol.

Dodol merupakan jenis produk pangan tradisional yang familiar dimasyarakat Indonesia dan dikemas dengan kemasan primer berupa plastik dari polimer sintesis. Oleh sebab itu, analisis terhadap karakteristik *edible film* dari pati termodifikasi sebagai kemasan dodol akan mendukung efektifitas dalam aplikasi penggunaan *edible film*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik pati bonggol pisang termodifikasi dengan metode *autoclaving-cooling* terhadap suhu pendinginan?

2. Bagaimana karakteristik *edible film* berbahan dasar pati bonggol pisang termodifikasi?
3. Bagaimana pengaruh *stabilizer* alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap karakteristik *edible film*?
4. Bagaimana efektivitas *edible film* pati bonggol pisang termodifikasi dengan *stabilizer* alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) sebagai kemasan dodol?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Menentukan karakteristik pati bonggol pisang termodifikasi dengan metode *autoclaving-cooling* terhadap suhu pendinginan.
2. Menentukan karakteristik *edible film* berbahan dasar pati bonggol pisang termodifikasi.
3. Menentukan pengaruh *stabilizer* alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap karakteristik *edible film*.
4. Menguji efektivitas *edible film* pati bonggol pisang termodifikasi dengan *stabilizer* alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) sebagai kemasan dodol.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan solusi terhadap limbah kemasan plastik sintesis dengan penggunaan kemasan *edible film*.
2. Meningkatkan deversifikasi bonggol pisang dan alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) sebagai produk pangan dan kemasan yang dikonsumsi.
3. Meningkatkan mutu kemasan plastik sebagai kemasan fungsional bagi kesehatan.

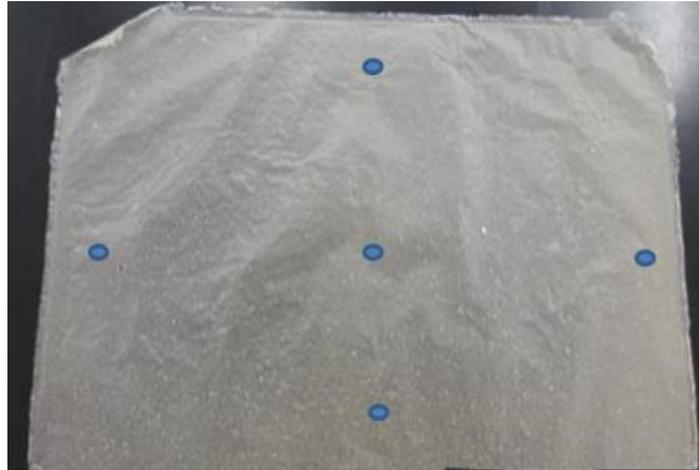
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian *Edible Film*

Pengemasan merupakan salah satu solusi untuk mempertahankan kualitas suatu produk. Plastik merupakan salah satu jenis bahan pengemas yang banyak digunakan, karena beberapa hal antara lain: ekonomis, memberikan perlindungan pada produk, dan ketersediaan yang cukup banyak. Namun, sebagian besar kemasan plastik yang beredar di masyarakat masih tersusun oleh material sintesis. Penggunaan material sintesis tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan (Nasution, 2019) sehingga penelitian mengenai bahan pengemas yang mudah terurai sangat diperlukan, salah satu alternatif kemasan yang mudah terurai yaitu dengan menggunakan *edible film* (Widodo dkk., 2019).

Edible packaging (kemasan dapat dimakan) merupakan kemasan bahan dan produk pangan yang berlapis tipis, seperti pada Gambar 1. *Edible packaging* terbagi menjadi dua jenis yaitu *edible film* dan *edible coating*. Hal yang membedakan *edible coating* dengan *edible film* adalah cara pengaplikasian pada produk yang dikemas. *Edible film* merupakan kemasan plastik yang dibentuk pada produk, sedangkan *edible coating* merupakan kemasan (bentuk cairan) yang dicelupkan pada produk yang dikemas (Fauziati dkk., 2016).



Gambar 1. *Edible Film* (Ramadhani dkk., 2019)

B. Fungsi *Edible Film*

Edible film mempunyai banyak keuntungan jika dibandingkan dengan pengemas sintesis, yaitu:

1. *Edible film* dapat dimakan bersamaan dengan produk yang dikemas (Nasution, 2019).
2. *Edible film* yang tidak dikonsumsi atau dibuang ke lingkungan dapat terurai di alam sehingga tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan. (Widodo dkk., 2019).
3. *Edible film* dapat diterapkan pada sistem pengemasan berlapis-lapis. *Edible film* sebagai pengemas bagian dalam (primer) dan pengemas *non-edible film* di bagian luar (sekunder, tersier, kuartier).
4. *Edible film* dapat berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat organoleptik makanan yang dikemas dengan memberikan variasi komponen pewarna, pemanis, dan pemberi aroma yang menyatu dengan

makanan. *Edible film* dapat bergabung dengan bahan tambahan makanan dan substansi lain ke dalam formulasi *edible film* untuk meningkatkan penanganan makanan (Saputra dkk., 2015).

5. *Edible film* dapat berfungsi sebagai suplemen gizi pada makanan. Penambahan komponen aktif dapat memberikan efek fungsional bagi kesehatan sebagai nilai tambahan dari kemasan *edible film*, contoh sebagai antioksidan dengan penambahan jahe pada formulasi (Wulansari, 2016). Efek fungsional juga dapat diperoleh dari bahan baku *edible film* sehingga kemasan dapat secara langsung memberikan efek fungsional bagi tubuh, beberapa contoh bahan baku yang fungsional yaitu kitosan sebagai antimikroba (Miranda dkk., 2018) dan pati resisten merupakan salah satu jenis pati yang berpotensi digunakan sebagai polimer alami dan pangan fungsional bagi pencernaan tubuh (Wiadnyani A.A dkk, 2017). Oleh sebab itu, penelitian terhadap aplikasi penggunaan pati resisten sebagai bahan baku *edible film* akan lebih efektif untuk peningkatan mutu dari *edible film*.

C. Komponen Penyusun *Edible Film*

Komponen utama (bahan baku) penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit (campuran). Kelompok hidrokoloid yang banyak digunakan yaitu protein, seperti gelatin, kasein, protein kedelai, protein jagung, gluten gandum, dan karbohidrat, seperti pati, pektin, gum arab. Kelompok lemak yaitu lilin/wax dan asam

lemak. Kelompok komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokoloid dan lemak (Trimelya, 2016).

Bahan tambahan lain yang dapat meningkatkan karakteristik *edible film* yaitu *Plasticizers* dan *stabilizer*. *Plasticizers* adalah bahan yang ditambahkan dalam pembuatan *edible film* dengan konsentrasi tertentu untuk mengatasi sifat rapuh, mudah patah, dan rendahnya elastisitas (Wattimena dkk, 2016). *Stabilizer* berfungsi dalam meningkatkan tekstur permukaan yang lebih halus dan kuat tarik *film*. Pemanfaatan *stabilizer* pada *edible film* umumnya diperoleh dari bahan tambahan pangan seperti CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Selain CMC, *stabilizer* dapat juga diperoleh dari bahan alam, seperti alga atau beberapa ekstrak alga lainnya. Penggunaan bahan tambahan memerlukan kombinasi jenis dan konsentrasi yang tepat dengan bahan baku yang digunakan agar diperoleh karakteristik *edible film* yang efektif. Komponen penyusun *edible film*, antara lain:

1. Bahan baku *edible film* (Hidrokoloid)

Hidrokoloid yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah protein dan karbohidrat. *Edible film* yang dibentuk dari karbohidrat dapat berupa pati dan turunannya. *Edible film* yang terbuat dari hidrokoloid sangat baik sebagai penghambat perpindahan oksigen, karbondioksida, dan lemak, serta memiliki karakteristik mekanik yang sangat baik sehingga

hidrokoloid dapat digunakan untuk memperbaiki struktur *edible film* agar tidak mudah hancur.

Pemanfaatan hidrokolid berupa pati sangat efektif dan efisien karena tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah, dapat diperbarui, bersifat tidak beracun, dan mudah terurai (Lailyningtyas dkk, 2020). Sifat-sifat pati juga sesuai untuk bahan *edible film* karena dapat memberikan karakteristik fisik yang baik dan membentuk *film* yang cukup kuat. Pati merupakan biopolimer yang mampu membentuk matriks *film* dengan perlakuan tertentu.

Kelemahan dari polimer, seperti pati, yaitu memiliki sifat hidrofilik yang relatif tinggi. Pati yang digunakan sebagai bahan baku pembuat *edible film* akan menghasilkan *film* yang rapuh, permeabilitas uap air tinggi, dan kurang fleksibel sehingga diperlukan usaha untuk memperbaikinya, salah satunya adalah dengan penambahan *Plasticizers* (Zana, 2019).

2. *Plasticizers* (Pemlastis)

Gliserol dan sorbitol merupakan kelompok *Plasticizers* yang memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekular. Penambahan *Plasticizers* dalam pembuatan *edible film* akan meningkatkan fleksibilitas permukaan *film* serta permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan zat terlarut. Peningkatan fleksibilitas *film* oleh komponen *Plasticizers* terjadi karena pengurangan kekuatan tarik intramolekular diantara rantai polimer. Berdasarkan Peraturan Menteri

Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012, sorbitol dan gliserol termasuk bahan tambahan pangan yang diijinkan untuk digunakan. Berdasarkan penelitian terkait mengenai *edible film* dari polimer pati dijelaskan bahwa *Plasticizers* yang efektif untuk bahan baku pati yaitu sorbitol dengan konsentrasi 40-80%v/b pati (Ratnaningsihtyas, 2019).

3. Stabilizer (Penstabil)

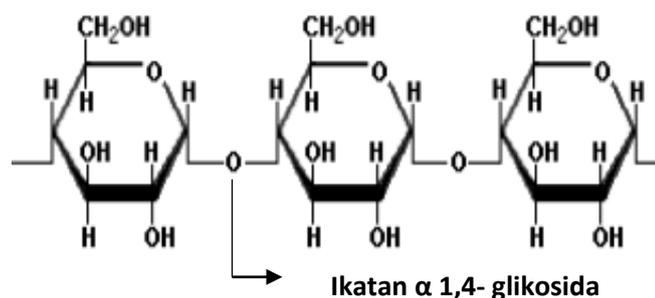
Selain *Plasticizers*, pada pembuatan *edible film* ini dapat ditambahkan bahan-bahan lain yang berperan sebagai *stabilizer*. Penambahan *stabilizer* pada pembuatan *edible film* pati bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik dari *edible film* yang akan dihasilkan khususnya kuat tarik *film*. Bahan penstabil pada pembuatan *edible film* memiliki karakteristik tertentu yaitu mudah mengikat air, dapat mencegah sineresis dan membentuk jaringan matriks *edible film* yang semakin kuat dan kompak. *Stabilizer* yang digunakan dalam beberapa penelitian terkait *edible film* dari bahan pati yaitu CMC (Rahayu, 2016).

Selain CMC, penggunaan *stabilizer* dapat memanfaatkan bahan alam, salah satunya yaitu alga merah. Pemanfaatan *stabilizer* dari bahan alam laut dapat menunjang aplikasi pemanfaatan bahan alam dari laut, khususnya Indonesia sebagai negara maritim. Alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* merupakan jenis alga merah yang efektif sebagai *stabilizer* pada produk olahan ayam (Datunsolang dkk., 2019) dan *stabilizer* yang efektif untuk *edible film* yaitu konsentrasi 0,5-2% (Febriati dkk., 2018).

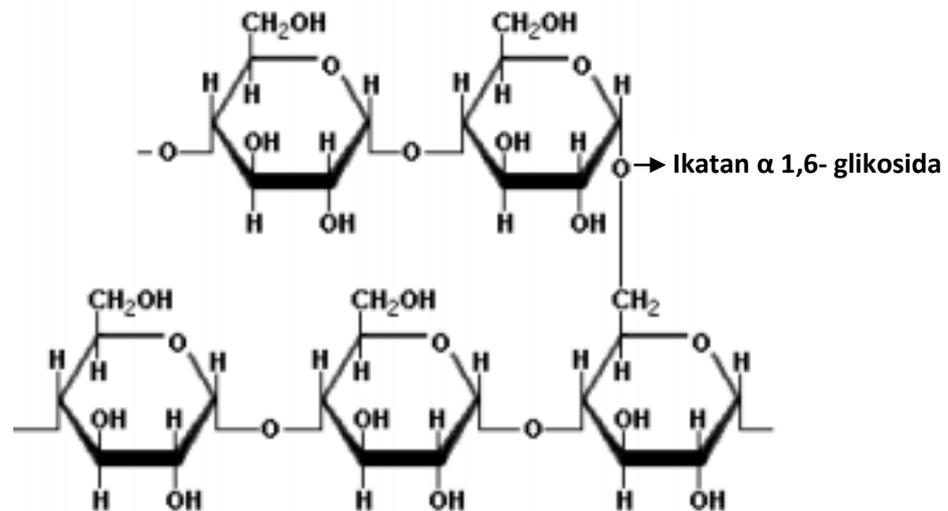
D. Peran Polisakarida (Pati) Sebagai Bahan Baku *Edible Film*

Pati merupakan salah satu jenis karbohidrat yang terdapat dalam suatu ikatan yang kompleks dan tersusun atas komponen amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan bagian polimer pati dengan ikatan α -1,4 dari unit glukosa yang membentuk rantai lurus serta umumnya berfungsi sebagai linier dari pati. Amilopektin merupakan bagian polimer pati dengan ikatan α -1,4 dari unit glukosa pada rantai lurus, seperti amilosa, serta ikatan α -1,6 pada titik percabangannya (rantai cabang). Struktur molekul amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Kandungan amilosa yang tinggi akan membuat *film* menjadi lebih kompak dan kuat (Galindez dkk., 2019) karena amilosa memiliki sifat yang keras dan struktur yang memungkinkan terbentuknya ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya. Rasio amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi sifat pati itu sendiri. Kandungan amilosa dan amilopektin dalam beberapa jenis pati akan dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Struktur Amilosa (Zana, 2019)



Gambar 3. Struktur Amilopektin (Zana, 2019)

Tabel 1. Kandungan Amilosa dan Amilopektin Beberapa Sumber Pati

Pati	Kandunga amilosa dan amilopektin (% rasio)
Sagu	27/73*
Beras	17/83*
Jagung	27/73*
Kentang	24/76*
Tapioka	17/83*
Gandum	25/75*
Ubi jalar	18/82*
Bonggol Pisang	20/80**

Sumber: Merba (2014)* dan Zana (2019)**

Pati dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pati alami dan pati yang telah dimodifikasi (pati termodifikasi). Pati alami diperoleh dari pemisahan sari pati yang terdapat pada tanaman. Pati alami dapat diperoleh dari komponen utama suatu tanaman, seperti buah, atau dari limbah tanaman, seperti kulit, batang, bonggol, dan beberapa komponen lainnya. Pati bonggol pisang

merupakan salah satu jenis pati alami dari limbah tanaman pohon pisang yang sangat berpotensi dianalisis dan diaplikasikan pada produk olahan pati.

1. Pati Bonggol Pisang

Pisang merupakan salah satu tumbuhan yang terdistribusi secara luas di Indonesia, dengan berbagai jenis dan manfaatnya. Bagian yang dimanfaatkan umumnya adalah buah untuk konsumsi dan daun sebagai alat pembungkus makanan. Bagian pisang yang umumnya menjadi limbah yaitu batang, daun, kulit, dan bonggol pisang. Bonggol dan kulit pisang merupakan limbah pohon pisang yang berpotensi sebagai sumber pati. Kulit pisang memiliki kadar pati sekitar 18,5% (Wildan, 2020) dan bonggol pisang sekitar 76% (Zana, 2019). Berdasarkan perbandingan kadar pati dari limbah pohon pisang, bonggol pisang merupakan pilihan terbaik untuk pemanfaatan pati.

Hingga saat ini, bonggol pisang lebih banyak memberikan dampak negatif pada lingkungan karena sebagian besar bonggol menjadi limbah di lingkungan (Prasetya dkk., 2016). Kandungan pati pada bonggol pisang dapat menjadi alternatif pengolahan bonggol pisang, khususnya sebagai sumber pati. Selain itu, pengolahan tersebut juga dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan (Saragih dkk., 2018).

Bonggol pisang merupakan salah satu bagian dari tanaman pisang yang berupa umbi batang dan berada di bawah batang pisang. Pisang

kepok kuning (*Musa Balbisiana L.*) merupakan jenis pisang yang memiliki diameter bonggol 0,54 m dan tinggi 3,75 m lebih besar dari jenis-jenis pisang lainnya (Wenas dkk., 2019).

Pati bonggol pisang dapat diperoleh dengan memisahkan dan mengendapkan sari dari hasil pemerasan. Bonggol pisang dan serbuk pati bonggol pisang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 serta karakteristik dari pati bonggol pisang dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Unsa dkk (2018) dan Afif (2020) dapat diketahui suhu gelatinisasi pati bonggol pisang berkisar 80-100 °C dengan waktu gelatinisasi 15-30 menit..

Tabel 2. Karakteristik Pati Bonggol Pisang

Karakteristik	Satuan	Nilai
Pati Bonggol Pisang		
Kadar Pati	%	76
Kadar Air	%	20
Energi	Kkal	42,5
Protein	g	3,45
Kalsium	mg	60
Fosfor	mg	150
Zat Besi	mg	2
Vitamin B1	mg	0,04
Vitamin C	mg	14

Sumber: Zana (2019)



Gambar 4. Bonggol Pisang (Mavianti dkk., 2019)



Gambar 5. Pati Bonggol Pisang (Zana, 2019)

2. Modifikasi Pati *Autoclaving-Cooling*

Modifikasi pati merupakan suatu perlakuan secara fisik, kimia atau enzimatik terhadap pati untuk menghasilkan pati dengan karakteristik tertentu. Pemilihan metode modifikasi dapat mempengaruhi karakteristik tertentu dari pati sehingga modifikasi dapat menjadi suatu alternatif untuk meningkatkan efektivitas aplikasi pati. Salah satu cara modifikasi pati secara fisik yang dapat dilakukan yaitu metode pemanasan suhu tinggi disertai pendinginan (*autoclaving-cooling*).

Modifikasi fisik relatif aman untuk dikonsumsi karena tidak menggunakan reagen kimia ataupun meninggalkan residu kimia. Metode *autoclaving-cooling* dapat mempengaruhi karakteristik gelatinisasi pati yaitu meningkatkan viskositas pasta pati, membatasi pembengkakan, meningkatkan stabilitas pasta pati, dan meningkatkan kecenderungan pati untuk mengalami retrogradasi. Berdasarkan beberapa penelitian, metode *autoclaving-cooling* dapat memperbaiki sifat kimia dan fungsional, seperti kadar amilosa dan kadar pati resisten, berbagai varietas pati campolay (Setiarto dkk., 2019) dan pada pati jagung-beras (Hidayat B, 2018). Selain itu, tipe resisten dari pati yang diperoleh dengan modifikasi *autoclaving-cooling* yaitu resisten tipe III karena pati telah melalui proses pemanasan dan pendinginan sebelum diolah menjadi sebuah produk. Pati resisten secara fisiologi memiliki efek kesehatan sehingga pati resisten dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pangan fungsional.

3. Pati Termodifikasi (Pati Resisten)

Pati resisten merupakan salah satu jenis pati modifikasi secara fisik atau pati yang mengalami perlakuan tambahan. Karakteristik yang paling spesifik dari pati resisten yaitu pati yang tidak dapat dicerna di usus halus oleh enzim pencernaan karena fraksi pati tahan terhadap proses hidrolisis enzim di dalam usus halus. Pati resisten yang tidak terhidrolisis akan difermentasi di dalam usus besar oleh bakteri probiotik (bakteri pengurai di usus besar) sebagai sumber energi bagi bakteri sehingga meningkatkan

produktivitas bakteri di usus besar (Jiang dkk., 2020). Pati resisten memiliki efek fisiologis yang sama dengan serat pangan yaitu sebagai pangan prebiotik (sumber energi atau makanan bagi bakteri probiotik).

Kandungan pati resisten di dalam pati, berkisar 20-30% dari total kadar pati tersebut. Jumlah pati resisten dalam makanan dipengaruhi oleh banyak faktor, misalnya karakteristik granul pati, rasio amilosa terhadap amilopektin dan struktur amilopektin (Zhao dkk., 2018). Pati resisten dibagi menjadi lima jenis (Olawoe dkk., 2020) yaitu:

- a. Pati Resisten tipe 1 yang banyak ditemui pada pati dari sumber biji-bijian;
- b. Pati resisten tipe 2 banyak ditemui pada kacang-kacangan, kentang, pisang hijau, dan pada pati jagung dengan amilosa tinggi;
- c. Pati resisten tipe 3 (pati terretrogradasi) yaitu pati yang telah mengalami pemanasan dan pendinginan pada waktu tertentu, contohnya pada pati yang telah dimodifikasi dengan metode *autoclaving-cooling*;
- d. Pati resisten tipe 4 adalah pati yang dimodifikasi secara kimia. Pati menjadi sulit dicerna karena pati telah melalui proses tertentu seperti: oksidasi, eterifikasi, esterifikasi atau dengan cara penyinaran sinar- γ ; dan
- e. Pati resisten tipe 5 merupakan pati yang tidak dapat dicerna akibat terbentuknya kompleks antara amilosa dengan lemak.

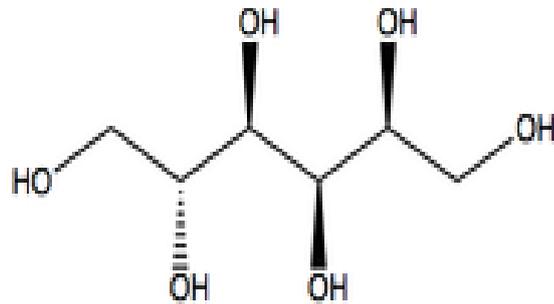
Pati resisten tipe 1 dan 2 merupakan pati resisten yang diperoleh secara alami dalam pati dan tidak diberikan perlakuan modifikasi. Pati resisten tipe 3, 4, dan 5 merupakan pati resisten yang diperoleh dari pati

yang telah dimodifikasi. Pati resisten dari proses modifikasi akan lebih tahan terhadap proses pengolahan selanjutnya dari pati untuk menjadi produk tertentu.

Pati dengan kandungan amilosa tinggi berpotensi memiliki sifat nutrisi yang baik karena amilosa tinggi dikaitkan dengan kadar pati resisten dalam makanan olahan bertepung yang tinggi. Oleh sebab itu, berdasarkan penelitian sebelumnya, kenaikan kadar amilosa pada pati akan mempengaruhi kenaikan kadar pati resisten dari pati (Setiarto dkk., 2019).

E. Sorbitol

Sorbitol adalah senyawa monosakarida *polyhidric* alcohol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Struktur molekul sorbitol dapat dilihat pada Gambar 6. Batas penggunaan maksimal sorbitol ialah tidak lebih dari 50 g/hari (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2012). Penelitian oleh Ratnaningtyas (2019) memperoleh data analisis bahwa sorbitol merupakan jenis *Plasticizers* yang tepat untuk diaplikasikan pada jenis polimer pati.



Gambar 6. Struktur molekul sorbitol (Zana, 2019)

Sorbitol merupakan gula alkohol yang paling banyak digunakan sebagai pengganti sukrosa di Indonesia. Sorbitol tidak menimbulkan efek toksik sehingga aman dikonsumsi manusia dan tidak menyebabkan karies gigi serta sangat bermanfaat sebagai gula bagi penderita diabetes dan diet rendah kalori (Yuwinda dkk., 2016).

F. Alga Merah (*Kappaphycus alvarezii*)

Alga merah merupakan tanaman laut yang memiliki daya guna tinggi dan banyak terdapat di wilayah Indonesia. Alga merah yang cukup potensial dan banyak di perairan Indonesia yaitu *Kappaphycus alvarezii* yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai kegunaan antara lain sebagai *stabilizer*, *thickener*, pembentuk gel, dan pengemulsi yang mempunyai nilai jual yang tinggi. Pemanfaatan dari *Kappaphycus alvarezii* sangat berpotensi dengan beberapa karakteristik pendukung (Pong-Masak dkk., 2018). Gambar dan karakteristik *Kappaphycus alvarezii* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 3.

Taksonomi dari alga merah jenis *Kappaphycus alvarezii* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Rhodophyta
 Kelas : Rhodophyceae
 Ordo : Gigartinales
 Famili : Solieriaceae
 Genus : *Kappaphycus*
 Spesies : *Kappaphycus alvarezii*



Gambar 7. *Kappaphycus alvarezii* (Sumber: Kasim dkk., 2019)

Tabel 3. Karakteristik Alga Merah (*Kappaphycus alvarezii*)

Komponen	Satuan	Nilai Nutrisi
Kadar Air	%	14.96
Kadar Abu	%	16.05
Protein	%	3.46
Lemak	%	0.93
Karbohidrat	%	57.52
Serat kasar	%	7.08

Sumber: Permatasari (2018)

Berdasarkan karakteristik dan fungsi dari alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) maka pemanfaatan *Kappaphycus alvarezii* sebagai *stabilizer* dalam sistem gelatinisasi pati dapat diaplikasikan pada produk *edible film* serta analisis konsentrasi yang tepat akan lebih efektif.

G. Mekanisme Pembuatan *Edible Film*

Proses pembentukan *film* adalah suatu fenomena pembentukan gel akibat perlakuan suhu sehingga terjadi pembentukan matriks atau jaringan. Pembentukan *edible film* secara umum terbagi dalam beberapa tahap, yaitu tahap pendispersi, pengaturan suhu, penambahan *plasticizers*, penambahan *stabilizer*, pengeringan, dan pencetakan.

1. Tahap pendispersian

Pembentukan larutan *film* dimulai dengan mendispersikan bahan baku *edible film* dengan bahan pelarut, misalnya air, etanol, dan pelarut lain. Pelarut yang digunakan akan disesuaikan dengan karakteristik dari bahan baku yang digunakan. Bahan baku dari polisakarida umumnya menggunakan pelarut air.

2. Pengaturan suhu (Gelatinisasi)

Pengaturan suhu mempunyai tujuan untuk mencapai suhu gelatinisasi pati sehingga pati dapat tergelatinisasi sempurna dan diperoleh *film* yang

homogen serta utuh. Gelatinisasi merupakan peristiwa pembentukan gel yang dimulai dengan hidrasi pati (penyerapan molekul-molekul air oleh molekul-molekul pati). Potensi Interaksi intramolekuler sangat kecil tanpa adanya pemanasan sehingga pada saat dikeringkan *film* menjadi retak. Gelatinisasi dapat terjadi apabila air melarutkan pati yang dipanaskan sampai suhu gelatinisasinya (Jacob M dkk., 2014). Kisaran suhu gelatinisasi pati secara umum yaitu 60-80 °C. Namun, setiap jenis pati memiliki suhu gelatinisasi yang lebih spesifik tergantung dari karakteristik dari jenis pati tersebut.

Rantai-rantai amilosa dan amilopektin dalam butiran pati tersusun dalam bentuk semi Kristal. Proses pemanasan bertujuan agar struktur kristal pati akan rusak dan rantai polisakarida akan mengambil posisi acak. Kondisi ini yang menyebabkan pati mengalami pengembangan dan pemadatan (gelatinisasi).

3. Penambahan *Plasticizers*

Plasticizers merupakan *film* substansi *non-volatile* yang ditambahkan ke dalam suatu bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanik bahan tersebut. Oleh karena itu, *Plasticizers* merupakan komponen yang cukup besar peranannya dalam pembuatan *edible film*. Penggunaan *Plasticizers* dapat disesuaikan dengan polimer dan konsentrasi yang digunakan berkisar 10–80%v/b pati tergantung kekakuan polimernya. *Plasticizers* merupakan konstituen dengan berat molekul rendah serta dapat menyela

diantara polimer. *Plasticizers* dapat menurunkan ikatan intramolekul antara rantai polimer yang berdekatan sehingga meningkatkan sifat kelenturan *edible film* (Fatma dkk., 2015).

4. Penambahan *Stabilizer*

Penambahan *stabilizer* ke dalam pembentukan *film* dari pati bertujuan untuk memperbaiki penampakan, kekuatan, kekompakan, laju transmisi zat, dan mempercepat pembentukan matriks *film*. Tanpa penambahan *stabilizer*, pembentukan *film* dari pati memerlukan energi yang cukup besar dan waktu yang cukup lama, serta *film* yang dihasilkan kurang cerah dan kurang kompak.

Penambahan konsentrasi *stabilizer* akan meningkatkan nilai kuat tarik *edible film*, karena mampu membentuk matriks polimer yang kuat dan menjadikan kekuatan tarik intramolekul semakin kuat pada *edible film* (Miranda dkk., 2018).

5. Pencetakan dan Pengeringan

Proses pengeringan diawali dengan pencetakan film pada media cetak, seperti kaca atau cawan petridiks. Pencetakan menggunakan acuan volume larutan *edible film* dan ukuran cetakan. Pengeringan dilakukan untuk menguapkan pelarut, umumnya pada suhu 50 °C selama 10-15 menit (hingga permukaan film kering). Suhu yang digunakan akan

mempengaruhi waktu pengeringan dan kenampakan *edible film* yang dihasilkan (Aji dkk., 2019).

H. Karakteristik *Edible Film*

Karakteristik yang dimiliki oleh *edible film* umumnya hampir sama dengan karakteristik kemasan lainnya, khususnya kemasan plastik. Karakteristik yang dimiliki oleh *edible film* yaitu ketebalan, kuat tarik dan elongasi, laju transmisi uap air, dan biodegradabilitas. Karakteristik *edible film* dapat diukur kelayakannya menggunakan standar dari karakteristik *edible film* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Standar Karakteristik *Edible Film*

Karakteristik <i>Edible Film</i>	Japanese Industrial Standard
Ketebalan <i>edible film</i>	Max 0,25 mm
Laju transmisi uap air	Max 7 g/m ² /24 jam
Kuat tarik	Min 0,3 MPa
Elongasi	Min 10%

Sumber: *Japanese Industrial Standard (JIS), 1975*

1. Ketebalan

Ketebalan merupakan salah satu karakteristik *edible film* yang sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik *edible film*. Satuan yang umum digunakan untuk ketebalan *edible film* yaitu milimeter. Faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan *edible film* adalah konsentrasi padatan terlarut,

ukuran plat pencetak, dan volume larutan. Semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut, maka ketebalan *film* akan meningkat. Ketebalan *film* merupakan karakteristik penting yang dapat mempengaruhi karakteristik lainnya, seperti kuat tarik dan elongasi (kelenturan), (Rusli dkk., 2017).

2. Kuat tarik

Secara spesifik, kuat tarik adalah ukuran tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *film* tetap bertahan sebelum putus/sobek. Pengukuran kuat tarik untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area *film*. Sifat kuat tarik tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun *edible film* terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk menentukan kuat atau lemahnya ikatan antar rantai molekul atau rantai polimer. Bahan penyusun yang dapat mempengaruhi kuat tarik yaitu jumlah dan jenis bahan baku, *plasticizers*, dan *stabilizer*.

Penambahan *plasticizers* pada *edible film* akan menurunkan kuat tarik *edible film* yang dihasilkan, hasil ini berbanding terbalik dengan elongasi karena *plastisizer* dapat melemahkan gaya antara molekul-molekul yang berdekatan sepanjang rantai polimer sehingga mengakibatkan melemahnya kuat tarik dan meningkatnya elongasi *film* (Rani dkk., 2016).

Penambahan *stabilizer* akan membentuk ikatan hidrogen dan gaya elektrostatik yang terbentuk antara *stabilizer* dengan pati sehingga jaringan matriks pembentuk *edible film* makin kuat dan kompak sehingga

memperbesar nilai kuat tarik, begitu pula sebaliknya *film* yang dihasilkan tanpa penambahan *stabilizer* akan bersifat rapuh, tidak kompak dan mudah sobek (Rahayu, 2016). Konsentrasi *stabilizer* yang tepat dengan bahan baku *film* dapat meningkatkan ikatan antar rantai molekul nantinya. Hal ini disebabkan karena semakin banyak interaksi hidrogen yang terdapat dalam *edible film* dengan adanya penambahan *stabilizer* sehingga ikatan antar rantai akan semakin kuat dan sulit untuk diputus.

3. Elongasi

Elongasi adalah kelenturan suatu *film* dalam membentuk sebagai kemasan pada suatu produk. Pengukuran elongasi untuk mengetahui elastisitas suatu *film* ketika ditarik sekaligus kemampuan *film* tersebut untuk dibentuk pada suatu produk. Elongasi (persen perpanjangan) menunjukkan karakteristik *edible film* yang lebih fleksibel, elastis, dan lentur ketika dibengkokkan.

Plasticizers merupakan bahan yang ditambahkan dalam formulasi yang akan berperan dalam elongasi *film* yang dihasilkan. *Plasticizers* akan mempengaruhi kekompakan molekul-molekul penyusun bahan sehingga interaksi intramolekul menurun dan mobilitas polimer meningkat (Widodo dkk., 2019).

4. Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang per satuan waktu terhadap luas area *film*. *Edible film* dengan bahan dasar polisakarida umumnya memiliki sifat *barrier* yang rendah terhadap uap air. *Film* hidrofilik seringkali memperlihatkan hubungan-hubungan positif antara ketebalan dan permeabilitas uap air. Nilai laju transmisi uap air suatu bahan dipengaruhi oleh sifat kimia bahan, struktur polimer, sifat dari bahan yang akan berdifusi, dan konsentrasi *Plasticizers*. Penambahan *Plasticizers* akan meningkatkan permeabilitas *film* terhadap uap air karena bersifat hidrofilik dan mengurangi kerapatan molekul sehingga terbentuk ruang bebas pada matriks film yang memudahkan difusi uap air (Panjaitan N, 2019).

5. Biodegradabilitas

Biodegradabilitas ini diperlukan untuk mengetahui tingkat ketahanan *film* yang dihasilkan terhadap aktivitas mikroba pengurai, kelembaban tanah, dan suhu bahkan faktor fisika dan kimia yang lain. Secara kimiawi *edible film* bersifat *biodegradable*, hal itu disebabkan oleh bahan baku yang digunakan adalah bahan baku alamiah yang mudah berinteraksi dengan air dan mikroorganisme lain bahkan sensitif terhadap pengaruh fisik dan kimia lingkungan (Muthia dkk., 2020).

Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas kemasan setelah kontak dengan mikroorganisme, yaitu sifat hidrofobik,

bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi dan berat molekul bahan kemasan. Proses terjadinya biodegradasi *film* kemasan pada lingkungan (alam) dimulai dengan tahap degradasi kimia yaitu dengan proses oksidasi molekul, menghasilkan polimer dengan berat molekul yang rendah. Proses berikutnya adalah serangan mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, khamir, dan aktivitas enzim *intracellular* dan *extracellular*.

I. Dodol

Dodol merupakan salah satu makanan tradisional yang cukup populer. Masing-masing daerah di Indonesia memiliki nama tersendiri untuk dodol yang mencerminkan kekhasannya seperti dodol garut yang berasal dari Garut, dodol betawi yang berasal dari Betawi, dodolandangan dari daerah Kalimantan, dodol bali/buleleng dari Bali.

Menurut Setiavani Gusti (2018), jenis dodol sangat beragam tergantung keragaman campuran tambahan dan juga cara pembuatannya. Terdapat dua jenis pengolongan dodol yaitu dodol yang terbuat dari beras ketan dan dodol yang terbuat dari buah-buahan.

Proses pembuatan dodol prinsipnya melibatkan pencampuran dan pemanasan polisakarida pada suhu yang tinggi hingga mencapai aw dan kadar air tertentu. Dodol termasuk jenis makanan setengah basah yang bertekstur lunak, mempunyai sifat elastis, dapat langsung dimakan, tidak memerlukan pendinginan dan tahan lama selama penyimpanan dalam

rentan waktu tertentu. Karakteristik dodol secara fisik memiliki tekstur yang kenyal dan lengket dengan cita rasa manis gurih (Hanggara dkk., 2016).

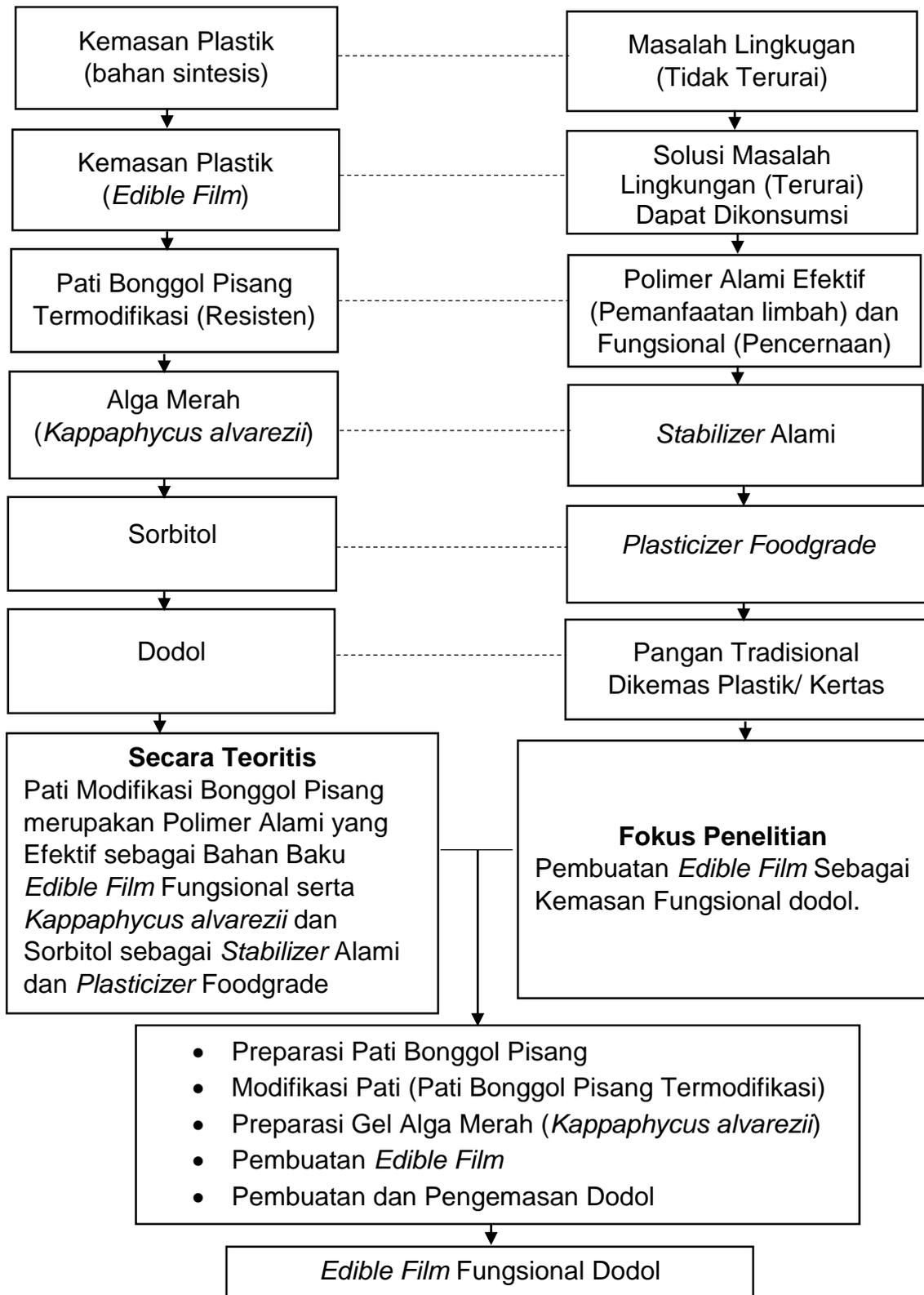
Makanan yang disimpan juga dapat mengalami kerusakan, kerusakan tersebut dapat menyebabkan makanan atau minuman menjadi tidak layak untuk dikonsumsi sehingga produk mengalami penurunan mutu yang diantaranya meliputi penurunan nilai gizi, penyimpangan warna, perubahan rasa dan bau, serta adanya pembusukan. Dodol setelah disimpan beberapa lama mudah ditumbuhi jamur dan menyebabkan bau atau rasa yang tengik (Ayu, 2016). Oleh sebab itu, diperlukan pengemas yang tepat yang dapat memperpanjang masa simpan dodol dengan mempertimbangkan dengan standar kualitas (syarat mutu) dodol. Syarat mutu dari dodol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Syarat Mutu Dodol

No	Uraian	Persyaratan
1	Keadaan (aroma, rasa dan warna)	Normal
2	Air	maks. 20%
3	Abu	maks. 1,5%
4	Gula dihitung sebagai sakarosa	min. 40%
5	Protein	min. 3%
6	Lemak	min. 7%
7	Serat kasar	maks. 1,0
8	Pemanis buatan	tidak boleh ada
9	Logam-logam berbahaya (Pb,Cu,Hg)	tidak ternyata
10	Arsen	tidak ternyata
11	Kapang	2×10^2

Sumber: SNI 01-2986: 2013

Masa simpan dodol dapat diperpanjang dengan pengemasan, dodol umumnya dikemas dengan menggunakan plastik ataupun kertas. Namun, plastik dan kertas tersebut sulit diurai oleh lingkungan. Selain itu, plastik atau kertas yang umumnya terbuat dari polimer sintesis merupakan kemasan primer yang bersentuhan langsung dengan produk yang dikemas dan tidak dapat dimakan bersamaan dengan produk sehingga produk harus dilepas dahulu dari kemasannya agar dapat dikonsumsi. Masalah lain yang sering muncul, dodol yang dilepas dari kemasan saat akan dikonsumsi sulit lepas dari kemasan atau lengket. Pemanfaatan *edible film* merupakan salah satu solusi terbaik untuk meningkatkan kualitas produk dodol dan konsumsi dodol.



Gambar 8. Kerangka Pikir

J. HIPOTESIS

1. Optimasi suhu pendinginan antara 4 dan -18 °C dalam modifikasi *autoclaving-cooling* dapat mempengaruhi karakteristik dari pati bonggol pisang termodifikasi yang dihasilkan.
2. Karakteristik *edible film* dari pati bonggol pisang termodifikasi yang sesuai dengan standar karakteristik *edible film*.
3. Konsentrasi alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) pada variasi tertentu efektif untuk karakteristik *edible film*.
4. *Edible film* fungsional efektif untuk mengemas dodol.