

TINJAUAN SISTEMATIS: PENGARUH JENIS PATI DAN PLASTICIZER TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM*

MELATI MAEKY PERMATA



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Tinjauan Sistematis: Pengaruh Jenis Pati dan *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2020

Melati Maeky Permata
F24160061



ABSTRAK

MELATI MAEKY PERMATA. Tinjauan Sistematis: Pengaruh Jenis Pati dan Plasticizer terhadap Karakteristik *Edible Film*. Dibimbing oleh NUGRAHA EDHI SUYATMA.

Edible film merupakan bahan pengemas organik berbentuk lapisan tipis berupa lembaran yang diaplikasikan pada bahan pangan. Penggunaan *edible film* dapat menghambat pembusukan oleh mikroba dan difusi oksigen serta uap air ke dalam bahan pangan sehingga keamanan pangan tetap terjaga. Material yang berpotensi untuk dijadikan *edible film* adalah pati-patian karena ketersediannya melimpah, ekonomis, bersifat *biodegradable*, dan dapat memberikan karakteristik fisik dan mekanis yang baik. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, membandingkan sumber literatur berupa penelitian yang membahas pengaruh jenis pati dan *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkan. Data dan informasi yang dicantumkan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal, skripsi, tesis, disertasi, dan berbagai artikel ilmiah yang sumber isinya dapat dipertanggungjawabkan dan relevan dengan penelitian atau kajian yang dilakukan. Pencarian pustaka dilakukan pada tiga *database*: *Google Scholar*, *Research Gate* dan *Science Direct*. Proses penyeleksian menghasilkan 22 pustaka sesuai kriteria yang memuat bahan dasar *edible film*: pati singkong, jagung, sagu, kentang, buah sukun, dan buah lindur. *Edible film* yang terbuat dari pati memiliki kekurangan, yaitu rendahnya resistensi terhadap air dan sifat penghalang terhadap uap air yang berpengaruh terhadap kestabilan *film*. Untuk meningkatkan kestabilannya, perlu ditambahkan polimer lainnya, yaitu *plasticizer*. Karakteristik terbaik *edible film* mengacu pada standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975). Dapat diketahui secara umum, semua jenis pati dan *plasticizer* dapat menghasilkan nilai ketebalan, *water vapor transmission rate*, kuat tarik, dan elongasi yang sesuai standar dengan perbandingan kadar pati dan *plasticizer* tertentu. Penambahan *plasticizer* pada kadar tertentu dapat menurunkan kualitas dari karakteristik *edible film*.

Kata kunci: *edible film*, pati, *plasticizer*, tinjauan sistematis

ABSTRACT

MELATI MAEKY PERMATA. A Systematic Review: The Effect of Starch and Plasticizer Types on Characteristics of Edible Film. Supervised by NUGRAHA EDHI SUYATMA.

Edible film is an organic packaging material consisting of a thin sheet which is applied to food ingredients. The use of edible films can inhibit microbial spoilage and diffusion of oxygen and water vapor into the foodstuffs, so that food safety is maintained. The material that has potential to be used as edible film is starch because it is abundant, economic, biodegradable, and can be provide good physical and mechanical characteristics. This systematic review aims to identify, analyze, and compare literature sources that discusses the effect of starch and plasticizers types on characteristics of edible film produced. The data and information included in this research are secondary data obtained from journals, theses, dissertations, and various scientific articles whose content sources accountable and relevant to the research or study conducted. The library search was carried out on three databases: Google Scholar, ResearchGate and Science Direct. The selection process resulted in 22 articles according to the criteria containing the basic ingredients of edible film: starch of cassava, corn, sago, potatoes, breadfruit, and lindur fruit. Edible films made of starch have disadvantages, that is low resistance to water and barrier properties against water vapor that affect the stability of the film. To increase its stability, it is necessary to add other polymers, that is plasticizers. The best characteristics of edible films refer to the edible film standards specified in the Japanese Industrial Standard (1975). It is generally known that all types of starch and plasticizers can produce thickness, water vapor transmittance rate, tensile strength, and elongation values according to the standard with a certain ratio of starch and plasticizer content. The addition of plasticizer at a certain level can reduce the quality of the characteristics of the edible film.

Keywords: edible film, plasticizer, starch, systematic review



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2020¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

TINJAUAN SISTEMATIS: PENGARUH JENIS PATI DAN PLASTICIZER TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM*

MELATI MAEKY PERMATA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Pangan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Dr. Didah Nur Faridah
2 Dr. Muhammad Arpah



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Tinjauan Sistematis: Pengaruh Jenis Pati dan *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film*

Nama : Melati Maeky Permata
NIM : F24160061

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP, DEA



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Eko Hari Purnomo STP. M.Sc
NIP 19760412 199903 1 004



Tanggal Ujian:
15 September 2020

Tanggal Lulus: 01 Februari 2021

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih adalah kemasan pangan berupa *edible film*, dengan judul “Tinjauan Sistematis: Pengaruh Jenis Pati dan *Plasticizer* terhadap Karakteristik *Edible Film*.”

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung selama penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Rohmanuadi Al Herman Tetuko dan Siti Kulwati, terima kasih untuk kedua orang tua, kakak-kakak dan adik (Lutfia, Garsinia, Azizah, dan Hadi), serta seluruh keluarga besar atas segala doa dan dukungannya,
2. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP, DEA selaku dosen pembimbing, atas bantuan dan waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir,
3. Dr. Didah Nur Faridah dan Dr. Muhammad Arpah selaku dosen penguji skripsi, serta seluruh dosen pengajar mata kuliah, teknisi laboratorium, dan *staff* di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan,
4. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan motivasi, yaitu Tsabitah Shofiyana, Alifah Syahfitri, Octaria Intan, Nur Dona Oktaviani, Eka Sulaecha, Desi Amalia, dan Tashia Agustin,
5. Teman-teman satu bimbingan atas segala bantuan dan dukungannya, yaitu Riani Atikah, Meghan Oceanny, dan Alifa Sekarputri,
6. Teman-teman Yeasterian Ilmu dan Teknologi Pangan angkatan 53 yang telah kebersamai selama lebih kurang 4 tahun di kampus serta memberi bantuan dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis memohon kritik dan saran demi perbaikan dan penyempurnaan selanjutnya. Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam lingkup Ilmu dan Teknologi Pangan.

Bogor, September 2020

Melati Maeky Permata



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
II METODE	3
III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 <i>Edible Film</i> dan Jenis-jenis Pati sebagai Bahan Utamanya	5
3.2 <i>Plasticizer</i> yang Ditambahkan pada <i>Edible Film</i>	18
3.3 Karakteristik <i>Edible Film</i> Berdasarkan <i>Japanese Industrial Standard</i> (JIS) 1975	21
IV SIMPULANDAN SARAN	38
4.1 Simpulan	38
4.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
RIWAYAT HIDUP	46

DAFTAR TABEL

1	Standar <i>Edible Film</i> dari <i>Japanese Industrial Standard</i> (1975)	7
2	Penelitian mengenai pati singkong sebagai <i>edible film</i>	9
3	Hasil perhitungan total bakteri pada <i>fillet</i> ikan nila	10
4	Penelitian mengenai pati jagung sebagai <i>edible film</i>	11
5	Penelitian mengenai pati sagu sebagai <i>edible film</i>	13
6	Kelebihan dan kelemahan berbagai jenis pati sebagai bahan baku <i>edible film</i>	17
7	Hasil pengukuran ketebalan <i>edible film</i> dengan sumber pati dan <i>plasticizer</i> yang beragam	22
8	Hasil pengukuran <i>water vapor transmission rate</i> (WVTR) <i>edible film</i> dengan sumber pati dan <i>plasticizer</i> yang beragam	26
9	Hasil pengukuran kuat tarik <i>edible film</i> dengan sumber pati dan <i>plasticizer</i> yang beragam	29
10	Hasil pengukuran elongasi <i>edible film</i> dengan sumber pati dan <i>plasticizer</i> yang beragam	33
11	Karakteristik <i>edible film</i> yang telah sesuai dengan <i>Japanese Industrial Standard</i> (JIS) 1975	37

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir PRISMA penyaringan dan penyeleksian pustaka	4
2	Proses pembuatan <i>edible film</i>	5
3	Struktur amilosa	6
4	Struktur amilopektin	6
5	(a) Aplikasi <i>edible film</i> pada buah dan (b) sosis	7
6	Aplikasi <i>edible film</i> pada produk konfeksionari	8
7	Pati singkong	8
8	Pati jagung	10
9	Pati sagu	12
10	Pati kentang	14
11	Pati beras	14
12	Buah lindur	15
13	Buah sukun	16
14	(a) Struktur kimia sorbitol dan (b) Hasil foto SEM pada permukaan <i>edible film</i> dengan perbesaran 5000x	19
15	Struktur kimia gliserol	20
16	Struktur kimia PEG	21



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan pangan umumnya mudah mengalami penurunan kualitas yang ditandai dengan kerusakan. Menurut Siregar dan Irma (2012), hal ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kimia, biokimia, dan mikrobiologi. Salah satu cara untuk mempertahankan kualitas bahan pangan yaitu dengan melakukan pengemasan yang tepat. Pengemasan merupakan suatu proses pembungkusan dengan bahan pengemas yang bertujuan untuk melindungi dan mempertahankan kualitas dan keamanan pangan tersebut (Kusumawati dan Putri 2013). Salah satu bahan pengemas yang banyak digunakan saat ini adalah plastik karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu ringan, kuat, mudah dibentuk, banyaknya variasi bahan dasar, dan harganya terjangkau (Waryat *et al.* 2013). Namun, penggunaan material plastik ini memiliki dampak negatif pada pencemaran lingkungan sehingga dibutuhkan alternatif bahan pengemas lain yang lebih ramah lingkungan (Widodo *et al.* 2019).

Salah satu bahan pengemas yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah *edible film*. *Edible film* merupakan bahan pengemas organik berbentuk lapisan tipis berupa lembaran yang diaplikasikan pada bahan pangan (Winarti *et al.* 2012). Lapisan tipis ini dapat dimakan sekaligus dengan bahan pangan yang dikemasnya (Siregar dan Irma 2012). Setiani *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa *edible film* bersifat ramah lingkungan karena dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami. Penggunaan *edible film* dapat menghambat pembusukan oleh mikroba dan difusi oksigen serta uap air ke dalam bahan pangan sehingga keamanan pangan tetap terjaga (Saleh *et al.* 2017). Menurut Winarti *et al.* (2012), Kusumawati dan Putri (2013), Setiani *et al.* (2013), dan Jacob *et al.* (2014), material yang berpotensi untuk dijadikan *edible film* adalah pati-patian.

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang ketersediannya melimpah, bersifat *biodegradable*, dan dapat memberikan karakteristik fisik dan mekanis yang baik (Winarti *et al.* 2012). Pati tersusun atas dua polisakarida, yaitu amilosa (15-25%) dan amilopektin (75-85%) yang tersimpan dalam granula pati. Amilosa memiliki struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, sementara amilopektin memiliki struktur bercabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glukosa (Winarno 2002). Karakteristik *edible film* berbahan dasar pati yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar amilosa dan amilopektin yang terkandung di dalamnya. Amilopektin memengaruhi kestabilan, sedangkan amilosa memengaruhi kekompakan *edible film*. Di samping itu, amilopektin yang tinggi pada pati menghasilkan *edible film* yang jernih. Kawijia *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa *edible film* berbasis pati bersifat non isotropik, tidak beracun, tidak berasa, dan transparan. Dalam mengembangkan potensi berbagai sumber pati sebagai material utama *edible film*, para peneliti terdahulu telah melakukan penelitian, di antaranya Siregar dan Irma (2012), Amalina (2013), Ulfiah (2013), Wijaya (2013), Pamuji (2014), Narendro (2014), Muin *et al.* (2017), Saleh *et al.* (2017), Kawija *et al.* (2017), Utami *et al.* (2017), Moulia (2018), dan Sariningsih *et al.* (2019) telah melakukan pembuatan *edible film* berbasis pati singkong.

Selain itu penelitian *edible film* juga dilakukan dengan berbahan dasar pati jagung oleh Amaliya dan Putri (2014) dan Mulyadi *et al.* (2016); pati sagu oleh

Wattimena *et al.* (2016), Larasati (2017), Mudaffar (2018), Suwarda (2019), dan Rusmawati (2020); pati labu kuning oleh Widodo *et al.* (2019), pati sukun oleh Setiani *et al.* (2013) dan Marpongahtun (2013), pati beras oleh Tarigan dan Damanik (2018), pati jahe oleh Sariningsih *et al.* (2019), pati umbi garut oleh Darmajana dan Ghaffar (2018), pati umbi kimpul oleh Warkoyo *et al.* (2014), pati umbi uwi oleh Zulmanwardi *et al.* (2018), pati buah lindur oleh Jacob *et al.* (2014), dan lainnya.

Edible film yang terbuat dari pati memiliki beberapa kelemahan, di antaranya rendahnya resistensi terhadap air. Sifat penghalang terhadap uap air juga rendah karena sifat hidrofilik pati dapat memengaruhi stabilitas dan sifat mekanisnya (Garcia *et al.* 2011). Rendahnya stabilitas *film* akan memperpendek umur simpan karena uap air dan mikroba dapat masuk dan akhirnya merusak bahan pangan (Tarigan dan Damanik 2018). Oleh sebab itu, untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekanis dari *film* pati, maka perlu penambahan biopolimer atau bahan lain yaitu *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi kerapuhan dan memudahkan pencetakan *film*, serta mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan *film*, terutama jika disimpan pada suhu rendah (Winarti *et al.* 2012). Jenis *plasticizer* yang biasanya ditambahkan adalah sorbitol, trietilen gliserol, gliserol, asam lemak, dan monogliserin yang diasetilasi.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkan. Penelitian tersebut di antaranya pengaruh gliserol terhadap karakteristik *edible film* berbahan dasar pati singkong (tapioka) oleh Yulianti dan Ginting (2012), Amalina (2013), Ulfiah (2013), Muin *et al.* (2017), Saleh *et al.* (2017), Utami *et al.* (2017), dan Moulia (2018); pengaruh gliserol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati jagung oleh Estiningtyas *et al.* (2012), Kusumawati dan Putri (2013), dan Mulyadi *et al.* (2016); pengaruh gliserol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati buah lindur oleh Jacob *et al.* (2014), pengaruh gliserol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati sagu oleh Wattimena *et al.* (2016); pengaruh sorbitol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati singkong oleh Saleh *et al.* (2017), Yulianti dan Ginting (2012), dan Wijaya (2013); pengaruh sorbitol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati sukun oleh Setiani *et al.* (2013) dan Marpongahtun (2013); pengaruh sorbitol terhadap karakteristik *edible film* berbahan pati beras oleh Tarigan dan Damanik (2018), dan lainnya.

12 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, mengevaluasi, menganalisis, dan membandingkan sumber literatur berupa hasil penelitian yang membahas pengaruh jenis pati dan *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkan, yaitu ketebalan, *water vapor transmission rate*, kuat tarik, dan elongasi.

13 Manfaat

Berdasarkan tujuan yang akan dicapai, tinjauan sistematis ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai sintesis dari berbagai hasil penelitian yang lebih komprehensif dan berimbang terkait pengaruh jenis pati dan *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkan.

II METODE

Metode yang digunakan dalam tinjauan sistematis ini adalah studi pustaka dengan pendekatan kualitatif. Studi pustaka adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca, dan mencatat serta mengolah bahan penelitian (Supriyadi 2016). Menurut Zed (2003), ada beberapa ciri utama yang diperhatikan dalam studi pustaka. Pertama, peneliti berhadapan langsung dengan teks atau angka. Kedua, data pustaka bersifat siap pakai yang mana peneliti tidak perlu terjun langsung ke lapangan. Ketiga, data pustaka umumnya adalah data sekunder karena peneliti memperoleh data dari tangan kedua, bukan data pertama hasil terjun di lapangan. Pendekatan kualitatif dalam tinjauan sistematis juga dapat digunakan untuk merangkum hasil-hasil penelitian yang bersifat deskriptif kualitatif.

Penyusunan tinjauan sistematis ini mengacu pada Perry dan Hammond (2002), dengan tahapan proses sebagai berikut: 1) Mengidentifikasi pertanyaan (rumusan) masalah; 2) Mengembangkan protokol penelitian tinjauan sistematis; 3) Menetapkan lokasi *database* hasil penelitian sebagai pencarian wilayah; 4) Menyeleksi hasil-hasil penelitian yang relevan; 5) Memilih hasil-hasil penelitian yang berkualitas; 6) Mengekstraksi data; 7) Melakukan sintesis hasil dengan teknik naratif; dan 8) Penyajian hasil dengan menuliskan hasil penelitian dalam bentuk dokumen tinjauan sistematis.

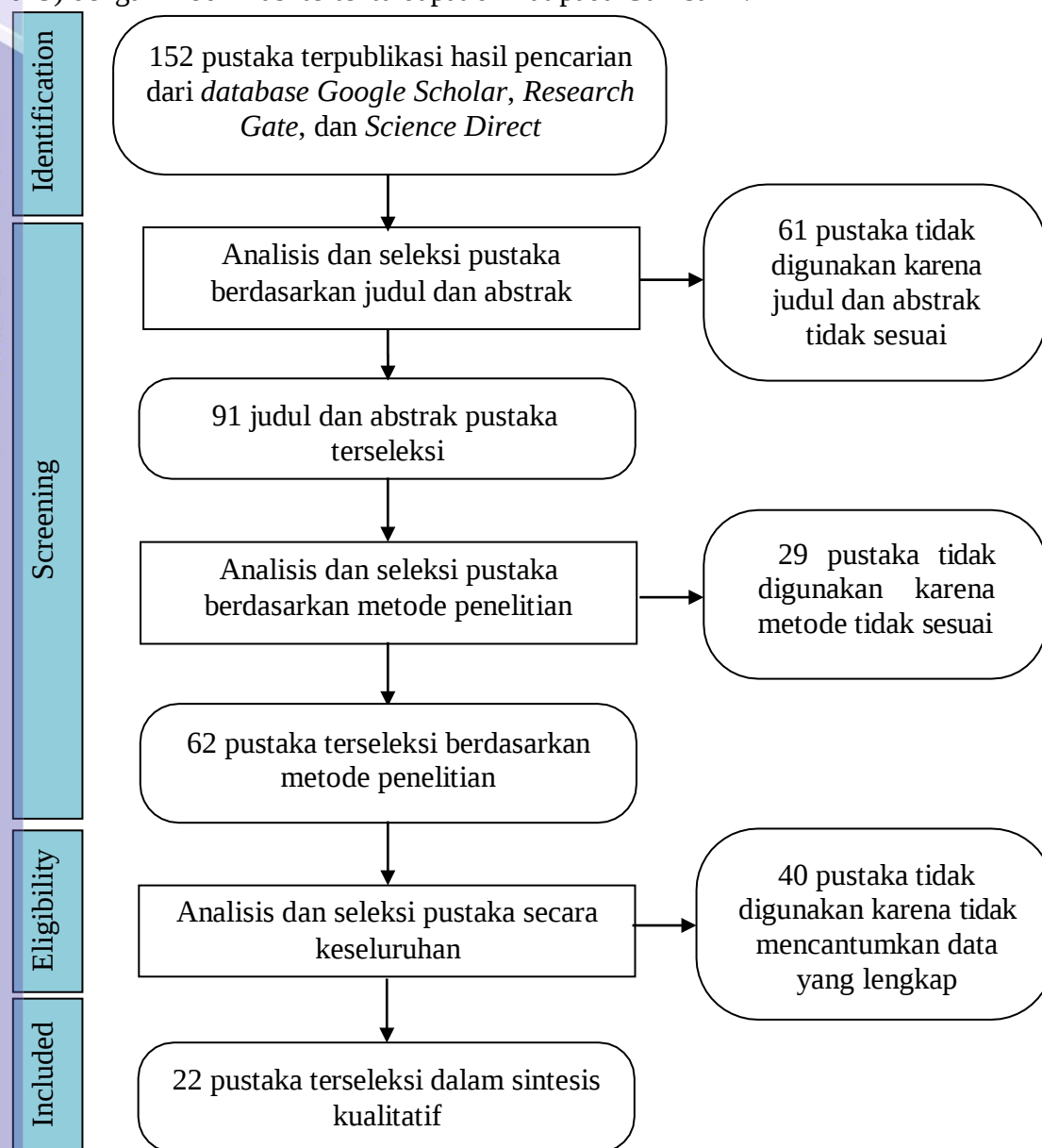
Berdasarkan uraian di atas, pengumpulan sumber pustaka dilakukan dengan mengunduh pustaka melalui tiga *database* utama, yaitu *Google Scholar*, *Research Gate*, dan *Science Direct*. Pembatasan waktu publikasi pustaka yang digunakan yaitu tahun 2010 – 2020. Pencarian pustaka menggunakan operasi Boolean, yaitu “AND,” “NOT,” dan “OR” (Knoll *et al.* 2018). Contoh kata kunci yang digunakan adalah “*edible film starch* AND gliserol AND ketebalan AND elongasi AND *water vapor transmission rate*”. Sumber pustaka yang telah diunduh kemudian dilakukan penyeleksian, apabila terdapat sumber pustaka yang tidak memuat informasi terkait penelitian, maka pustaka tersebut tidak digunakan.

Data dan informasi yang dicantumkan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal, skripsi, tesis, disertasi, dan berbagai artikel ilmiah yang sumber isinya dapat dipertanggungjawabkan dan relevan dengan penelitian atau kajian yang dilakukan. Sumber pustaka yang digunakan memiliki beberapa kriteria sebagai berikut:

- 1) Sumber pustaka merupakan tulisan ilmiah berupa jurnal nasional maupun internasional terakreditasi dan buku yang memiliki nomor ISSN (*International Standard Serial Number*) atau ISBN (*International Standard Book Number*),
- 2) Sumber pustaka berfokus pada penelitian *edible film* berbasis pati-patian,
- 3) Sumber pustaka memaparkan secara detail prosedur pembuatan *edible film* termasuk kondisi pembuatan *edible film*, yaitu volume larutan, bobot pati, kadar pati, volume *plasticizer*, konsentrasi *plasticizer*.

Sumber pustaka mencantumkan karakteristik *edible film* yang dihasilkan sesuai dengan yang telah ditetapkan pada *Japanese Industrial Standard* (1975), yaitu ketebalan, *water vapor transmission rate*, kuat tarik, dan elongasi.

Prosedur penyaringan dan penyeleksian pustaka mengacu pada Tawfik *et al.* (2019) dengan modifikasi tertentu dapat dilihat pada Gambar 1.



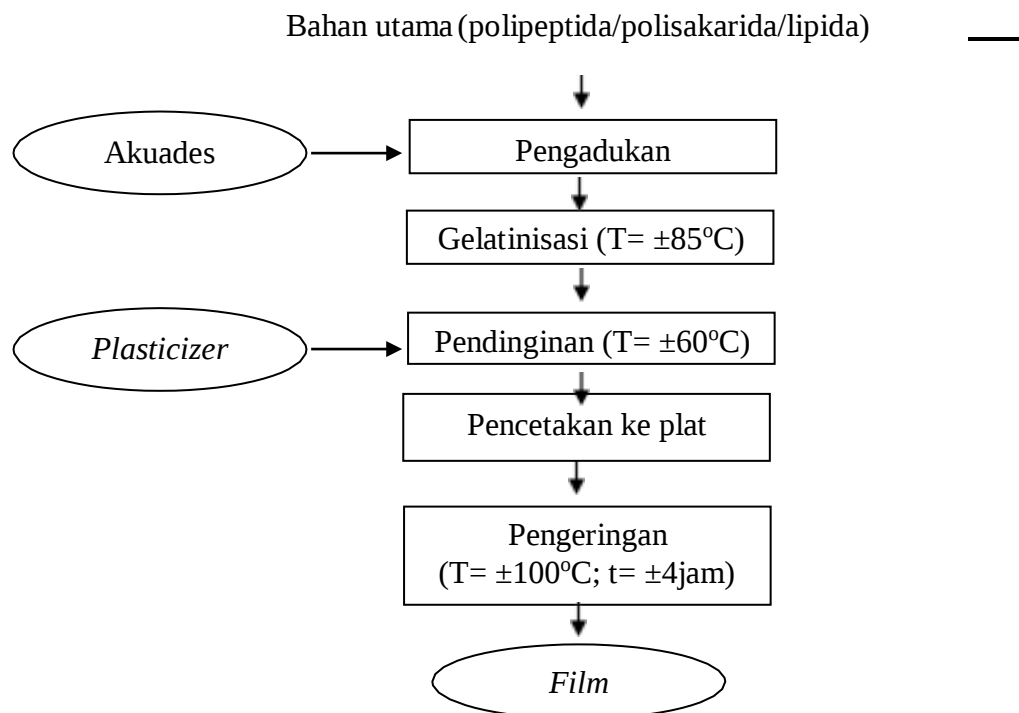
Gambar 1 Diagram alir PRISMA penyaringan dan penyeleksian pustaka

Sumber pustaka yang telah diseleksi selanjutnya dibuat *database* pada Microsoft Excel dan dicatat kondisi pembuatan *edible film*, yaitu volume larutan (mL), bobot pati (g), kadar pati (%), volume *plasticizer* (mL), dan konsentrasi *plasticizer* (%). Parameter karakteristik *edible film* yang dicatat adalah ketebalan (mm), *water vapor transmission* (g/m²/24 jam), kuat tarik (MPa), dan elongasi (%). Apabila data memiliki satuan yang berbeda, maka dilakukan konversi satuan agar data seragam. Dari hasil tersebut, dapat dievaluasi, dianalisis, dan dibandingkan antar pustaka satu dengan yang lain.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

31 *Edible Film* dan Jenis-jenis Pati sebagai Bahan Utamanya

Edible film merupakan suatu lapisan tipis yang dapat dimakan, digunakan untuk melapisi makanan yang berfungsi sebagai penghalang terhadap perpindahan massa (kelembapan, oksigen, cahaya, lipid, dan zat terlarut) serta meningkatkan penanganan suatu makanan (Krochta dan Johnston 1997). Menurut Kusumawati *et al.* (2013), *edible film* merupakan suatu lapisan tipis yang melapisi bahan pangan yang layak dikonsumsi, dan dapat terdegradasi oleh alam secara biologis. *Edible film* dapat menghambat pembusukan oleh mikroba dan difusi oksigen serta uap air ke dalam bahan pangan sehingga keamanan pangan tetap terjaga (Saleh *et al.* 2017). *Edible film* juga dapat dipadukan dengan komponen tertentu yang dapat menambah nilai fungsional, misalnya bersifat antioksidan dan antibakteri (Kusumawati *et al.* 2013). Diagram alir mekanisme pembuatan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 2.

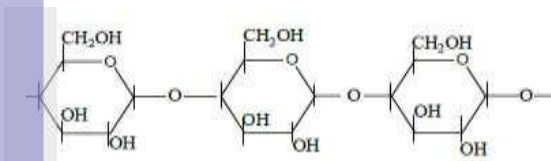


Gambar 2 Proses pembuatan *edible film* (Jaya dan Sulistyawati 2010)

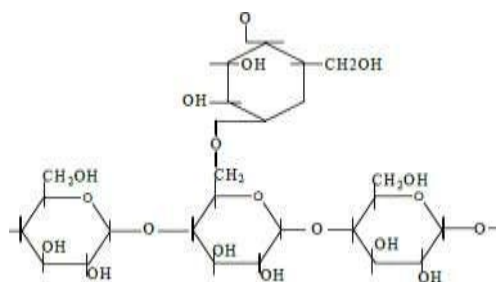
Umumnya, *edible film* tersusun atas protein (polipeptida), karbohidrat (polisakarida), dan lemak (lipida) sebagai komponen utama. Ketiga bahan tersebut sama-sama bersifat termoplastik sehingga mudah dicetak menjadi sebuah lembaran. Selain itu, polimer ini juga bersifat mudah terurai atau *biodegradable* (Harsojuwono dan Amata 2017). Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Setiani *et al.* (2013) bahwa *edible film* bersifat ramah lingkungan karena dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami.

Pada golongan karbohidrat (polisakarida) yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan *edible film*, di antaranya adalah pati dan turunannya, selulosa dan turunannya (metil selulosa, karboksil metil selulosa, dan hidroksi propil metil selulosa), pektin ekstrak ganggang laut (agar, alginat, dan karagenan), gum arab, gum xanthan, dan kitosan (Gennadios dan Weller 1990). *Edible film* yang berbahan dasar polisakarida ini memiliki peran sebagai membran permeabel yang selektif terhadap gas O₂ dan CO₂ untuk menurunkan laju respirasi. Beberapa aplikasi *edible film* dari polisakarida dapat digunakan untuk mencegah dehidrasi, oksidasi lemak dan pencokelatan enzimatis, dan mengurangi laju respirasi (Moulia 2018). Selain itu, *edible film* berbahan polisakarida ini juga dapat memperbaiki flavor, tekstur, dan warna, meningkatkan stabilitas selama penyimpanan, dan mengurangi tingkat kebusukan (Kroetha dan Johnston 1997).

Menurut Winarti *et al.* (2012), Kusumawati dan Putri (2013), Setiani *et al.* (2013), dan Jacob *et al.* (2014), material yang berpotensi untuk dijadikan *edible film* adalah pati-patian. Pati tersusun atas dua polisakarida, yaitu amilosa (15-25%) dan amilopektin (75-85%) yang tersimpan dalam granula pati. Amilosa memiliki struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, sementara amilopektin memiliki struktur bercabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glukosa (Winarno 2002). Struktur amilosa dan amilopektin pati dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Struktur amilosa
Sumber: Boediono (2012)



Gambar 4 Struktur amilopektin
Sumber: Boediono (2012)

Kestabilan *edible film* berbahan dasar polisakarida dipengaruhi oleh kadar amilopektin, sedangkan kekompakan *edible film* dipengaruhi oleh kadar amilosanya (Moulia 2018). Pati yang mengandung amilosa tinggi menghasilkan *film* yang lentur dan kuat karena struktur amilosa dapat memungkinkan terjadinya pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat (Nisah 2017). Oleh sebab itu, karakteristik *edible film* yang dihasilkan tiap jenis pati pun berbeda, tergantung dari kadar amilosa dan amilopektinnya.

Karakteristik *edible film* yang baik memiliki standar yang telah ditetapkan oleh *Japanese Industrial Standard* (1975). Standar karakteristik *edible film* menurut *Japanese Industrial Standard* (1975) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar *Edible Film* dari *Japanese Industrial Standard* (1975)

Karakteristik <i>edible film</i>	<i>Japanese Industrial Standard</i>
Ketebalan <i>edible film</i>	Maks. 0.25 mm
Laju transmisi uap air	Maks. 10 g/m ² /24 jam
Kuat tarik	Min. 0.3 MPa
Elongasi	Min. 70%

Sumber: *Japanese Industrial Standard* (JIS) 1975 (Sudarno *et al.* 2015).

3.1.1 Aplikasi *Edible Film* pada Pangan

Penggunaan *edible film* sebagai bahan pengemas organik sudah banyak dimanfaatkan sejak lama bahkan saat ini digunakan secara komersial. Beberapa aplikasi penggunaan *edible film* adalah sebagai kemasan primer, *barrier*, pengikat (*binding*), dan pelapis (*glaze*). *Edible film* sebagai kemasan primer diaplikasikan pada permen, sayur dan buah segar, sosis, daging, dan produk hasil laut (Gambar 5). Sebagai *barrier*, *edible film* yang terbentuk dari *gellan gum* dan garam monovalen/bivalen dimanfaatkan untuk absorpsi minyak pada bahan pangan yang digoreng sehingga menghasilkan bahan pangan dengan kandungan minyak yang rendah.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5 (a) Aplikasi *edible film* pada buah dan (b) sosis

Pemanfaatan lainnya yaitu *edible coating* yang terbuat dari protein jagung diproduksi secara komersial digunakan untuk produk-produk konfeksionari seperti pada permen dan cokelat, *fry shiled* yang tersusun atas pektin, remah-remahan roti dan kalsium digunakan untuk mengurangi lemak saat penggorengan,

dan *film zein* yang bersifat barrier untuk uap air dan gas pada kacang-kacangan dan buah-buahan dapat diaplikasikan pada kismis untuk sereal sarapan siap santap (Gambar 6).



Gambar 6 Aplikasi *edible film* pada produk konfeksionari

Aplikasi *edible film* yang tersusun atas pektin pada paprika dapat menurunkan susut bobot, memperlambat pelunakan, mempertahankan kadar air dan warna dengan masa simpan 8 hari (Permanasari 1998). Sementara itu, paprika yang dilapisi dengan *edible film* berbahan baku pati sagu (tapioka) dapat mempertahankan mutu dan sisi organoleptik dapat diterima dengan masa simpan lebih lama, yaitu 33 hari (Miskiyah *et al.* 2009). Sedangkan aplikasi *edible film* berbahan baku pati sagu (tapioka) pada roti tawar dapat memperpanjang umur simpan pada suhu kamar dengan masa simpan 7 hari (Kechichian *et al.* 2010).

3.1.2 *Edible Film* dari Pati Singkong

Pati singkong (Gambar 7) didapatkan dari proses pengolahan singkong yang meliputi pencucian, pamarutan (penggilingan), penambahan air, penyaringan, pengepresan, pengendapan, penirisan, dan pengeringan (Pamuji 2014). Pati singkong memiliki amilopektin tinggi sebesar 83% sehingga menyebabkan pati ini bersifat sangat jernih, tidak mudah menggumpal, memiliki daya pemekat yang tinggi, tidak mudah pecah, dan suhu gelatinisasinya rendah (Tan *et al.* 2017).



Gambar 7 Pati singkong (Sumber: www.holistickenko.com)

Hal ini akan memengaruhi hasil dari pembuatan *edible film*. Pati yang memiliki kadar amilosa tinggi akan membentuk *edible film* yang kuat karena akan terjadi pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusun. Sementara itu, hasil *edible film* yang terbuat dari pati dengan kadar amilopektin tinggi yaitu bening dan elastis (Thirathumthavorn dan Charoenrein 2007).

Penggunaan pati singkong sebagai bahan utama dari *edible film* juga memiliki beberapa keunggulan, yaitu tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna,

tidak beracun, bersifat *biodegradable*, dan memiliki tingkat kejernihan yang tinggi (Pamuji 2014). Selain itu, ketersediaan bahan baku utama pati yaitu tanaman singkong termasuk mudah dan harganya murah sehingga memiliki prospek bagus di masa depan jika *edible film* ini diproduksi dalam skala industri (Matsui *et al.* 2004). Hal ini menyebabkan pati singkong banyak dimanfaatkan sebagai bahan *edible film*.

Penelitian tentang pemanfaatan pati singkong sebagai *edible film* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Penelitian mengenai pati singkong sebagai *edible film*

Kombinasi pati singkong dengan berbagai macam bahan	Hasil penelitian	Referensi
Pati singkong sebagai bahan <i>edible film</i> dengan <i>plasticizer</i> sorbitol dan gliserol	<i>Film</i> mampu mempertahankan kualitas potongan buah apel sampai 4.5 jam, sedangkan dengan gliserol dapat bertahan hingga 5 jam.	Saleh <i>et al.</i> (2017)
Penambahan asam sitrat 10%, 20%, dan 30% dari berat pati	Terjadi reaksi <i>cross-linking</i> yang berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan dan kelarutan <i>film</i> serta penurunan laju transmisi uap air	Kawija <i>et al.</i> (2017)
Komposisi bahan singkong (80%), gliserol (5%), dan limonena (5%)	<i>Film</i> mampu menahan penguapan kadar air pada buah stroberi dan dapat mempertahankan tekstur buah stroberi selama 3 hari.	Narendro (2014)
Penambahan ZnO-NP 3% dan gliserol 20%	<i>Film</i> dapat digunakan sebagai bahan kemasan makanan dengan sifat antibakteri	Pamuji (2014)
Penambahan natrium alginat 1% dan gliserol	<i>Film</i> bersifat aman bagi tubuh dan dapat dikonsumsi setelah melalui uji toksisitas	Ulfiah (2013)
Penambahan natrium alginat 1% dan sorbitol	<i>Film</i> memiliki tingkat homogenitas yang baik, transparan, dapat dimakan dan mempertahankan mutu pangan, serta meningkatkan kecerahan warna pangan	Wijaya (2013)
Penambahan agar 4% dan gliserol	<i>Film</i> mampu menahan permeabilitas penguapan air pada buah stroberi selama lima hari	Amalina (2013)
Penambahan ZnO, ekstrak bawang putih, dan gliserol pada <i>edible film</i> pati singkong	Larutan bionanokomposit dapat menghambat bakteri <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> . Aplikasi pada pempek dapat bertahan hingga 24 jam dan secara organoleptik dapat diterima oleh konsumen	Moulija (2018)

3.1.3 Edible Film dari Pati Jagung

Pati jagung atau biasa dikenal dengan maizena (Gambar 8) adalah hidrokoloid yang berasal dari biji jagung yang mengandung amilopektin tinggi. Pati jagung mengandung amilosa sebesar 30% dan amilopektin sebesar 70%, serta lemak dan protein kurang dari 1% (Liu *et al.* 2009). Pati jagung dipilih sebagai bahan utama *edible film* pada penelitian yang dilakukan oleh Amaliya dan Putri (2014), dilatarbelakangi oleh sifat higroskopis pati jagung lebih rendah pada RH (*Relative Humidity*) 50%, yaitu sekitar 11% jika dibandingkan dengan pati singkong (13%), pati beras (14%), maupun pati kentang.



Gambar 8 Pati jagung (Sumber: www.thespruceeats.com)

Penelitian yang telah dilakukan oleh Amaliya dan Putri (2014) menggunakan bahan pati jagung dan ekstrak kunyit putih menunjukkan bahwa *edible film* dapat menurunkan laju transmisi uap air. Semakin tinggi kadar pati jagung, maka nilai laju transmisi air cenderung menurun. Hal ini dikarenakan terbentuknya ikatan polimer yang semakin kuat dengan peningkatan konsentrasi pati yang digunakan sehingga menjadi penghalang masuknya uap air ke dalam produk pangan yang dikemas menggunakan *edible film*. Mulyadi *et al.* (2016) dalam penelitiannya (Tabel 3) juga menunjukkan bahwa *edible film* dari pati jagung yang ditambahkan dengan ekstrak daun beluntas dapat menurunkan jumlah total bakteri pada ikan nila.

Tabel 3 Hasil perhitungan total bakteri pada *fillet* ikan nila

	Suhu ruangan (ALT)	Suhu chiller (ALT)	SNI 7388:2009
Dengan <i>edible film</i>	35.4×10^5 koloni/g	1.51×10^5 koloni/g	5×10^5 koloni/g
Tanpa <i>edible film</i>	150.2×10^5 koloni/g	124.18×10^5 koloni/g	5×10^5 koloni/g

Sumber: Mulyadi *et al.* (2014)

Pada proses pelapisan *fillet* ikan nila terdapat dua suhu untuk membandingkan jumlah total bakteri yang dapat dihambat, yaitu pada suhu ruangan $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ dan pada suhu *chiller* (lemari pendingin) $\pm 4^\circ\text{C}$. Hasilnya *fillet* ikan nila yang telah dikemas dengan *edible film* memiliki total bakteri yang lebih sedikit dari pada *fillet* ikan nila yang tidak dilapisi *edible film* sama sekali. Mengacu pada SNI 7388:2009, jumlah total bakteri yang terdapat pada *fillet* ikan nila yang dilapisi oleh *edible film* telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Penelitian lebih lanjut mengenai pati jagung sebagai *edible film* secara singkat tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4 Penelitian mengenai pati jagung sebagai *edible film*

Kombinasi pati jagung dengan berbagai macam bahan	Hasil penelitian	Referensi
Penambahan ekstrak kunyit putih (1%, 4%, dan 7%)	<i>Edible film</i> memiliki daya hambat terhadap bakteri indikator <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> dan semakin besar seiring peningkatan konsentrasi ekstrak kunyit putih	Amaliya dan Putri (2014)
Penambahan ekstrak temu hitam (3%, 5%, dan 7%)	<i>Edible film</i> memiliki aktivitas antioksidan dan total senyawa fenol yang tinggi seiring peningkatan konsentrasi ekstrak temu hitam	Kusumawati dan Putri (2013)
Penambahan gliserol (8%, 10%, dan 12%) dan ekstrak daun beluntas (20%, 25%, dan 30%)	<i>Edible film</i> belum dapat melindungi <i>fillet</i> ikan nila pada suhu ruang sesuai dengan yang telah ditentukan dalam SNI 7388:2009	Mulyadi <i>et al.</i> (2016)
Penambahan glukomanan yang diisolasi dari umbi iles-iles sebesar 15%	Glukomanan menyebabkan laju transmisi uap air rendah sehingga mampu menghambat susut bobot serta pencokelatan buah apel hingga 3 hari. Peningkatan konsentrasi glukomanan meningkatkan ketebalan, kelarutan, kekuatan regang putus, dan elongasi <i>edible film</i>	Siswanti <i>et al.</i> (2013)
Penambahan ekstrak jahe (10%, 20%, dan 30%)	Terjadi peningkatan angka TBA pada sosis, penurunan tingkat kerusakan oksidatif lemak dan nilai asam lemak bebas seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak jahe dan lama waktu penyimpanan. Penambahan ekstrak jahe 10% tidak berpengaruh nyata terhadap laju transmisi uap air, elongasi, kuat tarik, dan ketebalan.	Estiningtyas <i>et al.</i> (2012)

3.1.4 Edible Film dari Pati Sagu

Pati sagu (Gambar 9) seperti halnya jenis pati yang lain juga tersusun atas amilosa dan amilopektin, yang mana keduanya memengaruhi pembuatan *edible film*. Sifat amilosa adalah dapat larut air sehingga semakin tinggi kadar amilosa maka semakin mudah *edible film* dapat diangkat atau dilepas dari cetakan. Hal ini dapat meminimalisir kerusakan *edible film* berupa sobek ketika proses pengangkatan atau pelepasan dari cetakan. Berdasarkan pengukuran kadar amilosa dan amilopektin yang dilakukan oleh Mudaffar (2018), pati sagu mengandung 7,2% amilosa dan 77,36% amilopektin. Oleh karena kadar amilosa yang rendah, hal ini menyulitkan pada saat pengangkatan atau pelepasan *edible film* dari cetakannya.



Gambar 9 Pati sagu (Sumber: www.perkebunan.litbang.pertanian.go.id)

Pati sagu termodifikasi dilakukan bertujuan memperbaiki sifat-sifat pati sekaligus sifat *edible film* yang dihasilkannya (Polnaya *et al.* 2012). Salah satu modifikasinya, yaitu pati fosfat (Lim dan Seib 1993; Muhammad *et al.* 2000) dan pati sagu yang difosforilasi (Polnaya *et al.* 2012). Polnaya *et al.* (2012) menghasilkan pati sagu fosfat dengan cara mereaksikannya dengan menggunakan reagen modifikasi natrium tripolifosfat (STTP) untuk menghasilkan *monostarch phosphate*. Gugus fosfat ini akan menggantikan gugus hidroksil pada pati sagu sehingga pati fosfat yang dihasilkan dapat meningkatkan stabilitas dan memperbaiki tekstur pada *edible film* dibandingkan dengan *edible film* yang berasal dari pati sagu alami.

Penelitian yang dilakukan oleh Wattimena *et al.* (2016) menunjukkan bahwa *edible film* yang menggunakan bahan dari pati sagu fosfat memiliki kelarutan lebih tinggi dibandingkan pati sagu alami. Hal ini disebabkan meningkatnya kemampuan *film* untuk berikatan dengan air karena substitusi gugus hidroksil pada pati dengan gugus fosfat. Selain meningkatkan kemampuan mengikat air, pati fosfat juga dapat meningkatkan kejernihan pasta dan viskositas (Lim dan Seib 1993). Namun, pati sagu fosfat hanya memengaruhi kelarutan *edible film* di dalam air saja dan tidak berpengaruh pada sifat-sifat *edible film* lainnya, seperti elongasi, laju transmisi uap air, kuat tarik, dan kejernihan.

Penelitian mengenai pati sagu sebagai *edible film* secara singkat tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5 Penelitian mengenai pati sagu sebagai *edible film*

Kombinasi pati sagu dengan berbagai macam bahan	Hasil penelitian	Referensi
Pati sagu diasetilasi dan dikombinasikan dengan ekstrak bawang putih (0, 0.2, dan 0.4)	<i>Edible film</i> yang dibuat dari pati asetat (4%) menghasilkan karakteristik yang lebih baik daripada <i>edible film</i> pati <i>defatted</i> dan penambahan ekstrak bawang putih dapat menghasilkan zona penghambatan lebih besar daripada kitosan	Rusmawati (2020)
Modifikasi pati sagu fosfat dengan <i>plasticizer</i> gliserol	Perlakuan pati sagu fosfat hanya menyebabkan meningkatnya kelarutan <i>edible film</i> , namun tidak memengaruhi sifat-sifat <i>film</i> lainnya	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
Penambahan gelatin dan <i>beeswax</i> (lilin lebah)	<i>Edible film</i> memiliki kuat tarik yang tinggi seiring peningkatan konsentrasi <i>beeswax</i> karena memiliki fase kristalin. Hal ini menyebabkan jumlah matriks polimer meningkat dan membentuk <i>film</i> dengan struktur polimer rapat dan tidak mudah sobek	Mudaffar (2018)
Penggunaan modifikasi pati sagu asetat (0.05%, 2.5%, dan 5%)	Pati sagu asetat hasil modifikasi ikat silang asam asetat mampu meningkatkan kejernihan pasta dan <i>freeze thaw stability</i> serta menurunkan sifat kelarutan dan <i>swelling power</i> sehingga <i>film</i> mudah dibentuk. <i>Edible film</i> yang dihasilkan memiliki sifat fisik dan mekanis yang baik dan resisten terhadap uap air sehingga dapat diaplikasikan <u>pada pangan berkadar air tinggi</u>	Larasati (2017); Suwarda (2019)

3.1.5 *Edible Film* dari Pati Kentang

Kentang merupakan sumber karbohidrat yang baik untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan *edible film*. Kentang mengandung kadar pati sebesar 22-28%. Berdasarkan penelitian karakterisasi pati yang dilakukan oleh Niken dan

Adepristian (2013), kadar amilosa yang terdapat di dalam pati kentang (Gambar 10) sebesar 23% dan amilopektin sebesar 77%.



Gambar 10 Pati kentang (Sumber: www.tabloidsinartani.com)

Sama halnya dengan *edible film* yang terbuat dari pati-patian lainnya, *edible film* dari pati kentang dapat diterima secara organoleptik. Hal ini didukung oleh penelitian Sjamsiah *et al.* (2017) yang menggunakan *edible film* berbahan pati kentang pada permen *jelly* dan diuji hedonik (kesukaan) kepada 30 orang panelis. Dalam pengisian kuesioner, panelis memberikan komentar warna *edible film* memiliki aroma wangi khas pati kentang, tidak memiliki rasa, dan tidak memiliki warna khas (transparan) sehingga dapat diterima oleh konsumen.

3.1.6 Edible Film dari Pati Beras

Pati beras (Gambar 11) yang mengandung amilosa dan amilopektin merupakan bahan yang baik digunakan sebagai bahan pengemas (Phattaraporn *et al.* 2011) Kandungan amilosa pada pati beras yang tinggi (30%) akan menghasilkan kekuatan *film* yang baik. Hal ini dikarenakan struktur linear dari amilosa mudah terikat dengan amilosa lainnya melalui ikatan hidrogen dibandingkan amilopektin (Safira 2020). Kini pati beras telah diaplikasikan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik secara parsial. Namun, *edible film* yang terbuat dari pati beras memiliki kelemahan, yaitu sifat mekaniknya rendah dan memiliki sifat hidrofilik sehingga perlu adanya penambahan *plasticizer*.



Gambar 11 Pati beras (Sumber: www.sehatq.com)

Tarigan dan Damanik (2018) pada penelitiannya telah menunjukkan bahwa pati beras yang dikombinasikan dengan sorbitol berpengaruh nyata pada hari 1-6 sehingga mampu meningkatkan daya tahan buah salak. Buah salak dapat mempertahankan warna dan teksturnya dan pada hari selanjutnya baru mengalami kerusakan karena meningkatnya respirasi.

3.1.7 Edible Film dari Pati Buah Lindur

Pati buah lindur berasal dari buah lindur yang berwarna hijau berbentuk silinder dengan panjang antara 12–3 cm dan diameter 1.5–3 cm, memiliki kelopak berwarna merah pada pangkal buah, dan termasuk jenis buah dari tumbuhan *mangrove* spesies *Bruguiera gymnorrhiza*. Buah lindur (Gambar 12) ini banyak ditemukan di Pulau Kalimantan, Bali, Nusa Tenggara Timur, Maluku, dan Papua di mana sebagian masyarakat pesisir Indonesia di bagian timur sudah memanfaatkan buah ini sebagai alternatif makanan pokok pengganti nasi (Rosyadi *et al.* 2014).



Gambar 12 Buah lindur (Sumber: www.mangrovetmagz.com)

Karbohidrat yang terkandung di dalam buah lindur cukup tinggi dengan komposisi pati 57%, amilosa 31.56%, amilopektin 26.17%, dan dapat menjadi sumber energi sebesar 371 kal/100 g (Seknun 2013). Pati buah lindur didapatkan dengan beberapa tahapan sebagai berikut, yaitu pengupasan dan pemotongan buah lindur, penghalusan dengan penambahan natrium metabisulfid untuk mempertahankan derajat putihnya, penyaringan antara pati dan ampas, pengendapan selama 6 jam di suhu ruang, pengeringan endapan pati pada suhu 50°C selama ± 12 jam, dan kemudian penghalusan serta pengayakan dengan saringan 150 mesh (Nurindra 2015).

Kandungan pati yang cukup tinggi pada buah lindur berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku penyusun *edible film*. Beberapa penelitian terkait telah dilakukan, salah satunya oleh Jacob *et al.* (2014) yang membuat *edible film* dari pati buah lindur dengan penambahan karagenan dan gliserol, namun belum menghasilkan sifat mekanis yang baik. Penelitian yang dilakukan oleh Nurindra (2015) menunjukkan bahwa penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) pada *edible film* berbasis pati buah lindur dengan konsentrasi yang bervariasi memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan laju transmisi uap air. Penambahan konsentrasi CMC menghasilkan peningkatan nilai ketebalan dan elongasi, namun menurunkan nilai laju transmisi uap air dan kuat tarik.

3.1.8 Edible Film dari Pati Buah Sukun

Buah sukun atau *Artocarpus altilis* (Gambar 13) memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan mengandung sumber pati cukup tinggi yaitu sebesar 60%. Pati yang diperoleh dari buah sukun menghasilkan 18.5 g/100 g dengan kemurnian 98.86% serta kandungan amilosa 27.68% dan amilopektin 72.32% (Rincom dan Fanny 2004). Proses pembuatan pati sukun yang dilakukan pada penelitian Putra *et al.* (2017) yaitu dimulai dengan proses pengupasan kulit,

pengecilan ukuran dengan cara dipotong-potong, perendaman dengan larutan natrium metabisulfit, blansir, penghalusan dengan blender, pelarutan dengan air, pengendapan, pengeringan pati, dan kemudian pengayakan.



Gambar 13 Buah sukun (Sumber: www.sehatq.com)

Secara fisik, penggunaan pati sukun sebagai bahan baku *edible film* memiliki kelebihan, di antaranya tingkat kecerahan pati dengan nilai L sebesar 80.49 (Setiani *et al.* 2013) menghasilkan *film* yang transparan sehingga meningkatkan nilai jual dan estetika serta tidak ada gugus fungsi baru yang terbentuk selama proses pembentukan *edible film* setelah diuji dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).

Secara singkat, kelebihan dan kekurangan jenis pati sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* tercantum pada Tabel 6.

Tabel 6 Kelebihan dan kelemahan berbagai jenis pati sebagai bahan baku *edible film*

Jenis pati	Kelebihan	Kelemahan	Referensi
Tapioka (Singkong)	<i>Film</i> yang dihasilkan tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, tidak beracun, memiliki tingkat kejernihan tinggi; bahan mudah didapat dan murah	<i>Film</i> yang dihasilkan bersifat rapuh	Pamuji (2014); Ulyarti <i>et al.</i> (2020)
Maizena (Jagung)	Kadar amilosa yang tinggi (30%) menyebabkan <i>edible film</i> memiliki permeabilitas O ₂ , CO ₂ , dan uap air rendah; permukaan <i>film</i> halus, kompak, dan fleksibel	Permukaan <i>film</i> tanpa penambahan <i>plasticizer</i> tampak berpori, rapuh, dan patah; permeabilitas O ₂ , CO ₂ , dan uap air tinggi	Garcia <i>et al.</i> 1998
Sagu	Sifat <i>film</i> lebih fleksibel dan lebih kuat; permukaan <i>film</i> halus tanpa pori; permeabilitas O ₂ , CO ₂ , dan uap air rendah; mudah diperoleh, harga murah, dan mudah dimodifikasi	<i>Film</i> tanpa <i>plasticizer</i> memiliki sifat mekanik kuat tarik rendah dan bersifat hidrofilik	Maizura <i>et al.</i> 2007; Fazila <i>et al.</i> 2011; Nafchi <i>et al.</i> 2012
Kentang	Kadar amilosa yang tinggi (23%) menyebabkan <i>edible film</i> memiliki permeabilitas O ₂ , CO ₂ , dan uap air rendah; permukaan <i>film</i> halus, kompak, dan fleksibel	Permukaan <i>film</i> tanpa penambahan <i>plasticizer</i> tampak berpori, rapuh, dan patah; permeabilitas O ₂ , CO ₂ , dan uap air tinggi	Garcia <i>et al.</i> 1998
Beras	Kadar amilosa yang tinggi (30%) menyebabkan lebih mudah terikat dengan amilosa lain melalui ikatan hidrogen sehingga <i>film</i> yang dihasilkan halus dan kompak	Sifat mekanik <i>film</i> yang dihasilkan rendah dan kurangnya penahan yang efisien terhadap senyawa dengan polaritas tinggi karena pati beras bersifat hidrofilik	Safira (2020); Wittaya (2012)
Buah Lindur	Kandungan karbohidrat lebih tinggi dari beras dan jagung sehingga pati yang terkandung lebih banyak	Penggunaan bahan tunggal menghasilkan <i>film</i> yang bersifat rapuh dan tidak elastis	Nurindra <i>et al.</i> (2015)
Buah Sukun	<i>Film</i> yang dihasilkan dapat tercampur secara fisika karena tidak terbentuk gugus fungsi yang baru	Kandungan amilopektin yang tinggi dan bersifat amorf, maka banyak ruang kosong sehingga <i>film</i> yang dihasilkan memiliki ketahanan air rendah; kekakuan masih jauh dari standar plastik propilena	Setiani <i>et al.</i> (2013)

32 Plasticizer yang Ditambahkan pada Edible Film

Edible film yang terbuat dari pati juga memiliki beberapa kelemahan, di antaranya rendahnya resistensi terhadap air dan sifat penghalang terhadap uap air juga rendah yang disebabkan oleh sifat hidrofilik pati dapat memengaruhi stabilitas dan sifat mekanisnya (Garcia *et al.* 2011). Rendahnya stabilitas *film* akan memperpendek umur simpan karena uap air dan mikroba dapat masuk dan akhirnya merusak bahan pangan (Tarigan dan Damanik 2018). Oleh sebab itu, untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekanis dari *film* pati, maka perlu penambahan biopolimer atau bahan lain yaitu *plasticizer*.

Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk *film* untuk meningkatkan fleksibilitasnya karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya sehingga *film* akan lentur ketika dibengkokkan (Yulianti dan Ginting 2012). Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi kerapuhan dan memudahkan pencetakan *film*, serta mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan *film*, terutama jika disimpan pada suhu rendah (Winarti *et al.* 2012). Secara umum, mekanisme kerja *plasticizer* sebagai bahan pemlastis pada *edible film* menurut Guilbert *et al.* (1999) yaitu bermula dari pembasahan dan adsorpsi dari polimer, kemudian terjadi penetrasi molekul pada permukaan. Selanjutnya terjadi absorpsi serta difusi pada bagian dalam polimer dan pemutusan pada bagian amorf dan pemotongan struktur yang menyebabkan elastisitas meningkat.

Jenis bahan dan konsentrasi *plasticizer* dapat memengaruhi karakteristik *edible film* yang dihasilkan. Menurut Guilbert *et al.* (1996), beberapa jenis *plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film*, yaitu 1) monosakarida, disakarida, dan oligosakarida, 2) poliol (gliserol dan turunannya, polietilen glikol, sorbitol), dan 3) lipid dan turunannya (asam lemak, monogliserida dan esternya, asetogliserida, pospholipida, dan *emulsifier* lainnya). *Plasticizer* yang umumnya digunakan adalah gliserol dan sorbitol. Beberapa jenis *plasticizer* lainnya yang termasuk pemanis karbohidrat, seperti sukrosa, fruktosa, glukosa, dan manosa digunakan sekaligus untuk menambah rasa yang lebih enak pada makanan (Afifah *et al.* 2018). Menurut Kokoszka dan Lenart (2007), kemampuan *plasticizer* juga bergantung pada tipe polimer, ukuran molekul, konfigurasi molekul, jumlah gugus hidroksil bebas, dan kompatibilitas *plasticizer* dengan polimer).

Pada tinjauan sistematis ini penelitian yang dipilih adalah yang menggunakan *plasticizer* jenis poliol, yaitu sorbitol, gliserol, dan polietilen glikol. Menurut Mchugh dan Krochta (1994), kelompok poliol adalah *plasticizer* yang efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekulnya. Penggunaannya diketahui lebih efektif sehingga dapat dihasilkan film dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah.

3.2.1 Sorbitol

Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) merupakan salah satu gula alkohol yang merupakan hasil reduksi dari glukosa di mana semua atom oksigen dalam molekul gula alkohol yang sederhana terdapat dalam bentuk kelompok hidroksil, atau disebut juga dengan kelompok *polyhidric alcohol* (poliol). Sorbitol digolongkan sebagai kelompok poliol asiklik dengan enam rantai karbon.

Di Indonesia, sorbitol diproduksi dari tepung umbi tanaman singkong. Selain pada singkong, sorbitol juga dapat ditemui pada alga merah *Bostrychia scorpiodes* sebanyak 13.6% dan 10% pada tanaman beri dari spesies Rosaceae, seperti buah pir, apel, ceri, *peach*, dan aprikot. Sorbitol juga bisa diproduksi dalam jaringan tubuh manusia yang merupakan katalisasi dari D-glukosa oleh enzim *aldose reductase*, yang mengubah struktur aldehida (CHO) dalam molekul glukosa menjadi alkohol (CH₂OH). Struktur kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar 14.

Berdasarkan hasil SEM (Gambar 14) pada penelitian Wijaya (2013), penyebaran bahan penyusun *film* tampak tersebar merata dan tidak ada perbedaan antara bahan penyusunnya. *Edible film* yang dihasilkan tidak menunjukkan adanya granula pati, menandakan bahwa granula pati telah mengalami proses gelatinisasi pada pembuatan *edible film* berbahan pati buah sukun dan Wijaya (2013).



Gambar 14 (a) Struktur kimia sorbitol dan (b) Hasil foto SEM pada permukaan *edible film* dengan perbesaran 5000x. Sumber: Soesilo *et al.* (2005) dan Wijaya (2013)

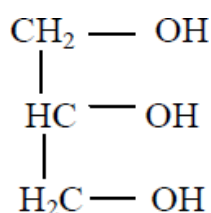
Sorbitol dipilih karena dianggap lebih efektif, yaitu memiliki kelebihan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler sehingga baik untuk menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer, sifat permeabilitas O₂ yang lebih rendah, ketersediaannya di alam dalam jumlah yang banyak, harganya cukup terjangkau, dan bersifat non toksik (Astuti 2011). Penggunaan sorbitol juga dapat menghasilkan *edible film* yang mengandung kadar air rendah. Seperti yang dikemukakan oleh Mc Hugh dan Krochta (1994), sorbitol memiliki kemampuan yang rendah dalam mengikat air dibandingkan gliserol dan polietilen glikol (PEG). Hal ini juga berpengaruh pada ketebalan *edible film* yang dihasilkan. Semakin banyak air yang terikat, maka *film* yang dihasilkan akan semakin tebal (Syarifudin (2014).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sitompul dan Zubaidah (2017) yang membandingkan penggunaan *plasticizer* sorbitol, gliserol, dan polietilen glikol (PEG), bahwa *edible film* yang menggunakan sorbitol sebagai *plasticizer* memiliki rata-rata kekuatan tarik dengan nilai yang lebih besar dibandingkan gliserol dan PEG. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh Bourtoom (2009), bahwa kekuatan tarik dari *film* yang menggunakan sorbitol lebih baik daripada *plasticizer* gliserol dan PEG. Hal ini disebabkan oleh struktur cincin sorbitol yang menghalangi penyisipan antar rantai yang mengakibatkan kurang efektif dalam

menghambat interaksi antara rantai polimer. Sorbitol yang memiliki kemampuan rendah dalam mengikat air juga menyebabkan menurunnya ikatan hidrogen rantai polimer dibandingkan PEG dan gliserol (Sitompul dan Zubaidah 2017).

3.2.2 Gliserol

Gliserol yang memiliki rumus kimia $C_3H_8O_3$ (Gambar 15) merupakan senyawa alkohol polihidrat dengan tiga gugus molekul hidroksil sehingga mudah berikatan dengan air dan bila mengalami pemanasan air yang terikat akan mudah menguap (Gontard *et al.* 1993). Gliserol memiliki sifat fisik tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, berwujud cairan seperti sirup, titik lelehnya $17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, titik didihnya $290\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan larut dalam air dan etanol.



Gambar 15 Struktur kimia gliserol. Sumber: Ningsih (2015)

Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* karena mampu mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul sehingga melunakkan struktur *film*, meningkatkan mobilitas rantai biopolimer, dan memperbaiki sifat mekanik *film*. Gliserol juga bersifat humektan dan memiliki kemampuan dalam menahan air pada *edible film* (Lieberman dan Gilbert 1973).

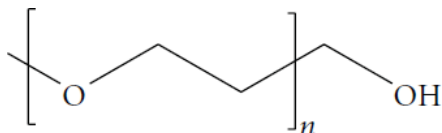
Penambahan gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut. Gliserol juga memberikan pengaruh terhadap kehalusan permukaan *film*. Yusmarlela (2009) menyatakan bahwa hal ini dikarenakan gliserol membantu kelarutan pati sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen antara gugus OH pati dan gugus OH gliserol yang mana akan meningkatkan sifat mekanik. Jumlah gliserol yang bertambah juga dapat mengurangi nilai tegangan dan elongasi, begitu pula akan menambah daya kuat tarik *film* (Larotonda *et al.* 2004).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jacoeb *et al.* (2014), penambahan gliserol pada *edible film* berbahan baku pati buah lindur dan karagenan mengakibatkan penurunan gaya intermolekul yang akan menyebabkan menurunnya kekuatan tarik pada formula A (pati buah lindur 4%, gliserol 1%, dan karagenan 2%) dan D (pati buah lindur 4%, gliserol 1,5%, dan karagenan 2%). Gliserol yang ditambahkan akan larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer dan bekerja menurunkan suhu transisi gelas. Jika suhu transisi gelas diturunkan, maka polimer yang terbentuk akan semakin lunak dan menurunkan kuat tarik polimer (Park *et al.* 1996).

3.2.3 Polietilen Glikol (PEG)

Menurut Su (2009), polietilen glikol (PEG) adalah senyawa biokompatibel yang bersifat sangat hidrofilik dan *anti fouling*. PEG dibuat secara komersial melalui reaksi etilen oksida dengan air atau etilen glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida. PEG merupakan salah satu bahan yang sering digunakan

sebagai bahan tambahan campuran polimer untuk meningkatkan biokompabilitasnya. Secara umum, PEG memiliki sifat fisik mudah larut dalam air, tidak toksik, dan tidak mudah diserap (Septiana 2017). Struktur kimia PEG dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Struktur kimia PEG. Sumber: Banerjee *et al.* (2015)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fransiska *et al.* (2018), *edible film* yang terbuat dari κ -karagenan dengan penambahan PEG 8% tampak mengilat dan sedikit berminyak. Penambahan konsentrasi PEG dapat meningkatkan titik leleh dan menurunkan entalpi pada *film* κ -karagenan. Titik leleh yang meningkat pada *film* κ -karagenan diharapkan bisa digunakan pada produk-produk pangan yang memerlukan pemanasan pada batas suhu tertentu. Penambahan PEG sebagai *plasticizer* juga dapat menurunkan kuat tarik dan mengurangi gaya antarmolekul (Sogiana 2013). Hal ini dibuktikan pada penambahan PEG dari konsentrasi 6% menjadi 8% dan 10%, *film* κ -karagenan mengalami penurunan kuat tarik.

33 Karakteristik *Edible Film* Berdasarkan *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975*

3.3.1 Ketebalan

Secara umum, penambahan pati berpengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film*. Semakin tinggi penambahan pati maka ketebalan *edible film* semakin meningkat (Amaliya dan Widya 2014). Ketebalan merupakan salah satu karakteristik *edible film* yang penting karena berpengaruh pada sifat penghalang (*barrier*) terhadap uap air serta umur simpan produk. Semakin tinggi nilai ketebalannya maka sifat *edible film* yang dihasilkan akan semakin kaku dan keras. Di samping itu, produk yang dikemas akan semakin terlindungi dari pengaruh luar (Jacoeb *et al.* 2014).

Nilai ketebalan didapatkan dari pengukuran menggunakan mikrometer. Nilai yang ditunjukkan pada Tabel 7 memiliki hasil yang berbeda-beda, dipengaruhi oleh kadar pati dan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan. Ketebalan *edible film* pada hasil penelitian 20 sumber pustaka memiliki nilai antara 0.026 – 3.157 mm. Dari 54 data hasil penelitian literatur, terdapat 5 data pada pati singkong (tapioka) yang melebihi nilai standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975), yaitu maksimal 0.25 mm. Sementara itu, nilai ketebalan *edible film* dari pati yang lain, seperti maizena (pati jagung), kentang, sagu alami dan asetat modifikasi, buah lindur, dan buah sukun, sudah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Dapat diketahui secara umum, semua jenis pati dapat menghasilkan nilai ketebalan yang sesuai standar.

Peningkatan nilai ketebalan menurut Nugroho *et al.* (2013) disebabkan oleh penambahan konsentrasi bahan penyusun *edible film*. Hal ini mengakibatkan total padatan terlarut setelah proses pengeringan mengalami peningkatan karena penyusun matriks *edible film* yang semakin banyak. Semakin banyak kadar pati

Tabel 7 Hasil pengukuran ketebalan *edible film* dengan sumber pati dan *plasticizer* yang beragam

Jenis pati		Kondisi					Ketebalan (Maks. 0.25 mm)	Referensi
Tapioka (Singkong)	<i>Plasticizer</i>	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume <i>plasticizer</i> (mL)	[<i>plasticizer</i>] (%) (b/b)		
1	Gliserol	800	8.0	1.0	1.6	20	0.090	Pamuji <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	50	0.8	1.6	0.2	25	0.026	Amalina (2013)
3	Gliserol	100	2.0	2.0	0.4	50	0.060	Moulia (2018)
4	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	0.102	Kawija (2017)
5	Gliserol	100	3.0	3.0	1.5	50	0.216	Saleh <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	3.0	3.0	1.8	60	0.358	Saleh <i>et al.</i> (2017)
7	Gliserol	100	3.0	3.0	2.0	66	0.138	Saleh <i>et al.</i> (2017)
8	Gliserol	100	3.5	3.5	1.5	43	0.278	Saleh <i>et al.</i> (2017)
9	Gliserol	100	3.5	3.5	1.8	51	0.191	Saleh <i>et al.</i> (2017)
10	Gliserol	100	3.5	3.5	2.0	57	0.265	Saleh <i>et al.</i> (2017)
11	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	2.477	Saleh <i>et al.</i> (2017)
12	Gliserol	100	4.0	4.0	1.8	45	3.157	Saleh <i>et al.</i> (2017)
13	Gliserol	100	4.0	4.0	2.0	50	2.707	Saleh <i>et al.</i> (2017)
14	Gliserol	100	4.0	4.0	1.0	25	0.084	Muin (2017)
15	Gliserol	100	4.0	4.0	1.3	32.5	0.104	Muin (2017)
16	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	0.106	Muin (2017)
17	Gliserol	100	4.0	4.0	1.8	45	0.110	Muin (2017)
18	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	0.137	Utami <i>et al.</i> 2017)
19	Gliserol	100	4.0	4.0	1.75	43.75	0.188	Ulyarti <i>et al.</i> (2020)
20	Gliserol	100	5.0	5.0	1.5	30	0.174	Nata <i>et al.</i> (2020)

Jenis pati		Kondisi					Ketebalan (mm)	Referensi
Tapioka (Singkong)	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
21	Gliserol	100	4.0	4.0	1.7	42.5	0.122	Caetano <i>et al.</i> (2018)
22	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	0.110	Luchese <i>et al.</i> (2017)
23	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	0.130	Luchese <i>et al.</i> (2017)
24	Sorbitol	100	1.8	1.8	1.5	83.33	0.194	Saleh <i>et al.</i> (2017)
25	Sorbitol	100	1.8	1.8	1.8	100	0.096	Saleh <i>et al.</i> (2017)
26	Sorbitol	100	1.8	1.8	2.0	111	0.175	Saleh <i>et al.</i> (2017)
27	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.5	75	0.257	Saleh <i>et al.</i> (2017)
28	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.8	90	0.135	Saleh <i>et al.</i> (2017)
29	Sorbitol	100	2.0	2.0	2.0	100	0.201	Saleh <i>et al.</i> (2017)
30	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.5	65	1.150	Saleh <i>et al.</i> (2017)
31	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.8	78	0.140	Saleh <i>et al.</i> (2017)
32	Sorbitol	100	2.3	2.3	2.0	87	0.247	Saleh <i>et al.</i> (2017)
Kentang								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.4	13.33	0.058	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	0.6	20	0.062	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
3	Gliserol	100	3.0	3.0	0.8	26.66	0.071	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
Maizena (Jagung)								
1	Gliserol	300	15.0	5.0	3.0	50	0.135	Estinigtas <i>et al.</i> (2012)
2	Gliserol	300	5.2	0.02	2.6	50	0.161	Siswanti <i>et al.</i> (2013)
3	Gliserol	1000	20	2.0	9.0	45	0.070	Luchese <i>et al.</i> (2017)
4	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	0.120	Luchese <i>et al.</i> (2017)

Jenis pati		Kondisi					Ketebalan (mm)	Referensi
Maizena (Jagung)	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
5	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	0.160	Luchese <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	5.0	5.0	2.5	50	0.266	Ghasemlou <i>et al.</i> (2013)
7	Gliserol	100	7.5	7.5	3.0	40	0.148	Dai <i>et al.</i> (2015)
8	Sorbitol	100	0.6	0.6	0.06	10	0.147	Zuo <i>et al.</i> (2017)
9	Sorbitol	100	0.48	0.48	0.048	10	0.127	Zuo <i>et al.</i> (2017)
Sagu Alami								
1	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	0.185	Rusmawati (2020)
Sagu Asetat Modifikasi								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	1.2	40	0.125	Rusmawati (2020)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	0.145	Rusmawati (2020)
3	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	0.175	Rusmawati (2020)
Buah Sukun								
1		100	5.0	5.0			0.046	Marpongahtun (2013)
2	Silitol	100	5.0	5.0	1.0	20	0.041	Marpongahtun (2013)
3	Sorbitol	100	5.0	5.0	1.0	20	0.043	Marpongahtun (2013)
4	PEG 400	100	5.0	5.0	1.0	20	0.045	Marpongahtun (2013)
Buah Lindur								
1	Gliserol	100	4.0	4.0	1.0	25	0.200	Jacob <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	0.130	Jacob <i>et al.</i> (2014)

singkong yang digunakan, maka ketebalan *edible film* semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan Park *et al.* (1996) yang menyatakan bahwa ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya total padatan dalam larutan. Semakin banyak jumlah pati dan *plasticizer* yang ditambahkan akan meningkatkan total padatan dalam larutan sehingga yang mengendap sebagai *edible film* akan semakin tebal.

Penambahan *plasticizer* berupa gliserol, sorbitol, silitol, dan PEG 400 akan meningkatkan total padatan dalam larutan sehingga yang mengendap sebagai *edible film* semakin tebal. Yulianti dan Ginting (2012) mengungkapkan bahwa ketebalan dapat memengaruhi laju uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Semakin tebal *edible film* yang dihasilkan, akan meningkatkan kemampuannya untuk menghambat laju gas dan uap air sehingga memperpanjang umur simpan produk pangan. Namun, jika terlalu tebal akan memengaruhi penampilan dan rasa serta tekstur produk pangan saat dikonsumsi. Faktor lainnya yang menyebabkan peningkatan nilai ketebalan, yaitu adanya interaksi antara pati dan pemlastis selama gelatinisasi sehingga menghasilkan *film* yang lebih tebal (Gutierrez *et al.* 2009).

Edible film yang terplastisasi PEG memiliki nilai ketebalan yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Hal ini dikarenakan PEG memiliki bobot molekul cukup besar yaitu 200, 400, 600, 1000, 1500, 4000, dan 6000 g/mol (Astuti 2008). Bobot molekul ini lebih besar dibandingkan *plasticizer* lainnya, seperti sorbitol (182.17 g/mol), gliserol (92.09 g/mol) dan silitol (152.15 g/mol). Ukuran molekul PEG yang lebih besar dari sorbitol dan silitol akan memperbesar volume bebas antar rantai polimer sehingga mempermudah pemindahan molekul air dan menyebabkan penambahan jumlah total padatan.

3.3.2 Water Vapour Transmission Rate (WVTR)

Water vapour transmission rate (WVTR) merupakan laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan bahan yang permukaannya rata, dengan ketebalan tertentu sebagai akibat dari suatu perbedaan unit tekanan uap antara dua permukaan tertentu pada kondisi dan suhu tertentu (Krochta *et al.* 1997). Pengujian laju transmisi uap air dilakukan menggunakan metode gravimetri kemudian hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam Persamaan 1 (Gontard *et al.* 1993).

$$WVTR = \frac{\text{slope kenaikan berat cawan (g/jam)}}{\text{luas permukaan (m}^2\text{)}} \quad \dots (1)$$

Tabel 8 menunjukkan nilai laju transmisi uap air hasil penelitian dari 18 pustaka dengan 32 percobaan berada di antara 0.193 – 198.980 g/m²/24 jam. Nilai WVTR tertinggi sebesar dimiliki oleh *edible film* berbahan pati singkong 2% dan *plasticizer* gliserol 0.4% (Moulia 2018), sedangkan nilai WVTR terendah dimiliki oleh *edible film* berbahan pati jagung 6.7% dan sorbitol (Murni 2013). Dari data hasil penelitian literatur, terdapat 8 data pada yang memenuhi nilai standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975), yaitu maksimal 10 g/m²/24 jam. Nilai WVTR yang telah memenuhi standar adalah *edible film* yang berbahan pati jagung 5% dan gliserol 1% sebesar 6.847 g/m²/24 jam (Estiningtyas *et al.* 2012); pati jagung 6.7% dan sorbitol 0.193 g/m²/24jam sebesar

Tabel 8 Hasil pengukuran *water vapor transmission rate* (WVTR) *edible film* dengan sumber pati dan *plasticizer* yang beragam

Jenis pati		Kondisi					WVTR (g/m ² /24jam)	Referensi
Tapioka (Singkong)	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
1	Gliserol	800	8.0	1.0	1.6	20	10.330	Pamuji <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	50	0.8	1.6	0.2	25	165.240	Amalina (2013)
3	Gliserol	100	2.0	2.0	0.4	20	198.980	Moulia (2018)
4	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	114.877	Kawija (2017)
5	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	27.321	Utami <i>et al.</i> 2017)
6	Gliserol	100	4.0	4.0	1.75	43.75	53.34	Ulyarti <i>et al.</i> (2020)
7	Gliserol	100	4.0	4.0	1.7	42.5	0.43	Caetano <i>et al.</i> (2018)
8	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	8.64	Luchese <i>et al.</i> (2017)
9	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	6.00	Luchese <i>et al.</i> (2017)
Maizena (Jagung)								
1	Gliserol	300	15.0	5.0	3.0	20	6.847	Estinigtyas <i>et al.</i> (2012)
2	Gliserol	300	5.2	0.02	2.6	50	15.600	Siswanti <i>et al.</i> (2013)
3	Gliserol	1000	20	2.0	9.0	45	8.16	Luchese <i>et al.</i> (2017)
4	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	7.68	Luchese <i>et al.</i> (2017)
5	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	6.96	Luchese <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	5.0	5.0	2.5	50	3.37	Ghasemlou <i>et al.</i> (2013)
7	Gliserol	100	7.5	7.5	3.0	40	2.74	Dai <i>et al.</i> (2015)
8	Sorbitol	150	10.0	6.7			0.193	Murni (2013)
9	Sorbitol	100	0.6	0.6	0.06	10	5.2	Zuo <i>et al.</i> (2017)
10	Sorbitol	100	0.48	0.48	0.048	10	5.0	Zuo <i>et al.</i> (2017)

Jenis pati		Kondisi					WVTR (g/m ² /24jam)	Referensi
Sagu Alami	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.5	16.66	7.79	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	1.0	33.33	10.64	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
3	Gliserol	100	3.0	3.0	1.5	50	14.87	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
4	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	1.16	Rusmawati (2020)
Sagu Asetat Modifikasi								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	1.2	40	1.19	Rusmawati (2020)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	0.88	Rusmawati (2020)
3	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	0.77	Rusmawati (2020)
Buah Sukun								
1		100	5.0	5.0			120	Rusmawati (2020)
2	Silitol	100	5.0	5.0	1.0	20	100	Marpongahtun (2013)
3	Sorbitol	100	5.0	5.0	1.0	20	60	Marpongahtun (2013)
4	PEG 400	100	5.0	5.0	1.0	20	100	Marpongahtun (2013)
Buah Lindur								
1	Gliserol	100	4.0	4.0	1.0	25	9.63	Jacob <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	10.82	Jacob <i>et al.</i> (2014)

0.193 g/m²/24 jam (Murni 2013); pati sagu alami 3% dan gliserol 1% sebesar 7.79 g/m²/24 jam (Wattimena *et al.* 2016); pati sagu alami 4% dan gliserol 1.6% sebesar 1.16 g/m²/24 jam (Rusmawati 2020); pati sagu asetat 3% dan gliserol 1.2% sebesar 1.19 g/m²/24 jam (Rusmawati 2020); pati sagu asetat 4% dan gliserol 1.6% sebesar 0.88 g/m²/24 jam (Rusmawati 2020); pati sagu asetat 5% dan gliserol 2% sebesar 0.77 g/m²/24 jam (Rusmawati 2020).

Menurut Fatnasari *et al.* (2018), penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan nilai WVTR yang diduga karena *plasticizer* bersifat hidrofilik dan mampu menurunkan tegangan antar molekul pada matriks *edible film*. Gliserol sebagai salah satu jenis *plasticizer* yang sering ditambahkan ke dalam formulasi *edible film* juga bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air. Hal ini mengakibatkan semakin banyak konsentrasi gliserol yang ditambahkan, maka permeabilitas terhadap uap air akan meningkat.

Nilai WVTR juga dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*. Semakin tebal *film* akan meningkatkan laju uap airnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Yulianti dan Ginting (2012) bahwa ketebalan dapat memengaruhi laju uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Semakin tebal *edible film* yang dihasilkan, akan meningkatkan kemampuannya untuk menghambat laju gas dan uap air sehingga memperpanjang umur simpan produk pangan.

3.3.3 Kuat tarik

Kuat tarik adalah tarikan maksimum yang dapat dicapai *edible film* sebelum putus. Pengukuran kuat tarik bertujuan untuk mengetahui besarnya gaya merenggang atau memanjang yang dicapai tarikan maksimum pada satuan luas area. Nilai kuat tarik *edible film* dapat dihitung dengan membagi nilai gaya tarik yang dihasilkan ketika *film* putus dibagi dengan luas *film* seperti pada Persamaan 2. Nilai kuat tarik yang besar menandakan semakin kuat *film* yang dihasilkan, sedangkan nilai kuat tarik yang rendah menunjukkan *film* lebih lentur dan tidak mudah putus (Mouliia 2018). Nilai kuat tarik yang maksimal pada *edible film* mengindikasikan kemampuan menahan kerusakan fisik yang maksimal sehingga akan meminimalkan kerusakan produk pangan dari gangguan mekanis dengan baik (Supeni *et al.* 2015).

$$= \frac{(\quad)}{(2)} \quad \dots (2)$$

Nilai kuat tarik ditunjukkan pada Tabel 9 yang bersumber dari 20 pustaka dan 53 satuan percobaan berkisar antara 0.109 – 75.0 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi sebesar dimiliki oleh *edible film* berbahan pati kentang 3% dan *plasticizer* gliserol 0.4% (Sjamsiah *et al.* 2017), sedangkan nilai kuat tarik terendah dimiliki oleh *edible film* berbahan pati singkong 5.0% dan *plasticizer* gliserol 2.0% sebesar (Utami *et al.* 2017). Berdasarkan data hasil penelitian literatur, terdapat 2 data pada pati singkong (tapioka) yang melebihi nilai standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975), yaitu minimal 0.3 MPa. Berbanding terbalik dengan ketebalan, penambahan *plasticizer* menunjukkan adanya penurunan nilai kuat tarik (Tabel 9). Hal ini disebabkan *plasticizer* akan menurunkan gaya kohesi antar rantai (Wijaya 2013). Makin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan maka semakin menurun nilai kuat tarik

IPB University

Jenis pati		Kondisi					Kuat tarik (MPa)	Referensi
Tapioka (Singkong)	<i>Plasticizer</i>	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume <i>plasticizer</i> (mL)	[<i>plasticizer</i>] (%) (b/b)		
22	Sorbitol	100	1.8	1.8	2.0	111	0.621	Saleh <i>et al.</i> (2017)
23	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.5	75	1.112	Saleh <i>et al.</i> (2017)
24	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.8	90	0.981	Saleh <i>et al.</i> (2017)
25	Sorbitol	100	2.0	2.0	2.0	100	0.948	Saleh <i>et al.</i> (2017)
26	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.5	65	1.537	Saleh <i>et al.</i> (2017)
27	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.8	78	1.472	Saleh <i>et al.</i> (2017)
28	Sorbitol	100	2.3	2.3	2.0	87	1.247	Saleh <i>et al.</i> (2017)
Maizena (Jagung)								
1	Gliserol	300	15.0	5.0	3.0	20	2.039	Estinigtas <i>et al.</i> (2012)
2	Gliserol	300	5.2	0.02	2.6	50	1.250	Siswanti <i>et al.</i> (2013)
3	Gliserol	1000	20	2.0	9.0	45	2.90	Luchese <i>et al.</i> (2017)
4	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	2.90	Luchese <i>et al.</i> (2017)
5	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	3.90	Luchese <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	5.0	5.0	2.5	50	8.90	Ghasemlou <i>et al.</i> (2013)
7	Gliserol	100	7.5	7.5	3.0	40	1.20	Dai <i>et al.</i> (2015)
8	Sorbitol	150	10.0	6.7			11.120	Murni (2013)
9	Sorbitol	100	0.6	0.6	0.06	10	9.00	Zuo <i>et al.</i> (2017)
10	Sorbitol	100	0.48	0.48	0.048	10	8.00	Zuo <i>et al.</i> (2017)
Sagu Alami								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.5	16.66	28.230	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	1.0	33.33	7.910	Wattimena <i>et al.</i> (2016)

Jenis pati		Kondisi					(MPa)	Referensi
Sagu Alami	Plasticizer	volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
3	Gliserol	100	3.0	3.0	1.5	50	3.590	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
4	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	0.814	Rusmawati (2020)
Sagu Asetat Modifikasi								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	1.2	40	0.650	Rusmawati (2020)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	1.635	Rusmawati (2020)
3	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	2.180	Rusmawati (2020)
Kentang								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.4	13.33	75.0	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	0.6	20	69.0	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
3	Gliserol	100	3.0	3.0	0.8	26.66	35.0	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
Buah Sukun								
1		100	5.0	5.0			4.90	Marpongahtun (2013)
2	Silitol	100	5.0	5.0	1.0	20	2.94	Marpongahtun (2013)
3	Sorbitol	100	5.0	5.0	1.0	20	3.43	Marpongahtun (2013)
4	PEG 400	100	5.0	5.0	1.0	20	4.41	Marpongahtun (2013)
Buah Lindur								
1	Gliserol	100	4.0	4.0	1.0	25	15.64	Jacoeb <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	13.04	Jacoeb <i>et al.</i> (2014)

yang dihasilkan. Semakin banyak penambahan *plasticizer* juga dapat meningkatkan kelembapan *film* karena *plasticizer* bersifat higroskopis (Fatnasari *et al.* 2018).

Penambahan *plasticizer* gliserol pada *edible film* dapat mengakibatkan menurunnya nilai kuat tarik. Semakin tinggi konsentrasi maka akan menurunkan tegangan antar molekul yang menyusun matriks *film* sehingga *edible film* yang dihasilkan semakin lemah terhadap gaya yang besar. Gliserol yang ditambahkan akan larut ke dalam tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer dan bekerja menurunkan suhu transisi gelas. Jika suhu transisi gelas menurun, maka *film* yang terbentuk akan semakin lunak dan menyebabkan kuat tariknya semakin rendah (Jacoeb *et al.* 2014).

Pada penelitian Wijaya (2013) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *plasticizer* sorbitol pada *edible film* mengakibatkan penurunan nilai kuat tariknya. Peningkatan konsentrasi gliserol pada penelitian Saleh *et al.* (2017) juga mengakibatkan penurunan nilai tarik. Selain itu, penurunan nilai kuat tarik juga disebabkan dengan penurunan kadar pati yang ditambahkan. Semakin banyak kadar pati yang ditambahkan, nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin tinggi.

Bobot molekul *plasticizer* juga memengaruhi nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik *edible film* akan mengalami peningkatan seiring meningkatnya berat molekul. Pada penelitian Marpongahtun (2013) nilai kuat tarik tertinggi pada *edible film* yang ditambahkan PEG 400 dengan bobot molekul sebesar 400 g/mol, sementara nilai kuat tarik terendah terdapat pada *edible film* yang terplastisasi silitol dengan bobot molekul 152.15 g/mol). Sementara pada penelitian Saleh *et al.* (2017), penambahan *plasticizer* sorbitol dengan bobot molekul 182.17 g/mol memiliki nilai kuat tarik lebih tinggi dibandingkan *edible film* yang terplastisasi gliserol dengan bobot molekul 92.09 g/mol.

3.3.4 Elongasi

Elongasi adalah persen pertambahan panjang bahan materi *film* yang diukur mulai dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus (Marpongahtun 2013). Elongasi dikorelasikan dengan fleksibilitas dan keplastisan yang merupakan salah karakteristik penting *film*. Tingkat keplastisan yang tinggi menunjukkan karakteristik yang kurang baik karena *film* yang dihasilkan akan sulit putus dengan gaya rendah. Di sisi lain, kelebihanannya adalah memiliki kemampuan menyesuaikan bentuk kemasan dengan bahan pangan yang dikemas. Nilai elongasi dapat dihitung dengan membagi panjang akhir dengan panjang awal lalu dikalikan seratus persen seperti pada Persamaan 3 (Pamuji 2014).

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \dots (3)$$

Persen elongasi ditunjukkan pada Tabel 10 yang bersumber dari 19 pustaka dan 51 satuan percobaan berkisar antara 0.14 – 184.32 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi sebesar dimiliki oleh *edible film* berbahan pati singkong 5% dan *plasticizer* gliserol 2% (Utami *et al.* 2017), sedangkan nilai kuat tarik terendah dimiliki oleh *edible film* berbahan pati singkong 1.8% dan *plasticizer* sorbitol 2% sebesar (Saleh *et al.* 2017). Dari data hasil penelitian literatur, terdapat 4 data pada

Tabel 10 Hasil pengukuran elongasi *edible film* dengan sumber pati dan *plasticizer* yang beragam

Jenis pati		Kondisi					Elongasi (%)	Referensi
Tapioka (Singkong)	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)		
1	Gliserol	800	8.0	1.0	1.6	20	117.72	Pamuji <i>et al.</i> (2014)
2	Gliserol	50	0.8	1.6	0.2	25	30.75	Amalina (2013)
3	Gliserol	100	2.0	2.0	0.4	20	61.00	Moulia (2018)
4	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	145.99	Kawija (2017)
5	Gliserol	100	3.0	3.0	1.5	50	17.30	Saleh <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	3.0	3.0	1.8	60	15.50	Saleh <i>et al.</i> (2017)
7	Gliserol	100	3.0	3.0	2.0	66	23.79	Saleh <i>et al.</i> (2017)
8	Gliserol	100	3.5	3.5	1.5	43	31.00	Saleh <i>et al.</i> (2017)
9	Gliserol	100	3.5	3.5	1.8	51	32.37	Saleh <i>et al.</i> (2017)
10	Gliserol	100	3.5	3.5	2.0	57	38.67	Saleh <i>et al.</i> (2017)
11	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	12.04	Saleh <i>et al.</i> (2017)
12	Gliserol	100	4.0	4.0	1.8	45	10.25	Saleh <i>et al.</i> (2017)
13	Gliserol	100	4.0	4.0	2.0	50	13.67	Saleh <i>et al.</i> (2017)
14	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	184.32	Utami <i>et al.</i> 2017)
15	Gliserol	100	5.0	5.0	1.5	30	35.00	Nata <i>et al.</i> (2020)
16	Gliserol	100	4.0	4.0	1.7	42.5	136	Caetano <i>et al.</i> (2018)
17	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	107	Luchese <i>et al.</i> (2017)
18	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	124	Luchese <i>et al.</i> (2017)
19	Sorbitol	100	1.8	1.8	1.5	83	0.22	Saleh <i>et al.</i> (2017)
20	Sorbitol	100	1.8	1,8	1.8	100	0.36	Saleh <i>et al.</i> (2017)

Jenis pati		Kondisi					Elongasi (%)	Referensi
Tapioka (Singkong)	<i>Plasticizer</i>	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume <i>plasticizer</i> (mL)	[<i>plasticizer</i>] (%) (b/b)		
21	Sorbitol	100	1.8	1.8	2.0	111	0.14	Saleh <i>et al.</i> (2017)
22	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.5	75	0.28	Saleh <i>et al.</i> (2017)
23	Sorbitol	100	2.0	2.0	1.8	90	0.19	Saleh <i>et al.</i> (2017)
24	Sorbitol	100	2.0	2.0	2.0	100	0.26	Saleh <i>et al.</i> (2017)
25	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.5	65	2.48	Saleh <i>et al.</i> (2017)
26	Sorbitol	100	2.3	2.3	1.8	78	3.16	Saleh <i>et al.</i> (2017)
27	Sorbitol	100	2.3	2.3	2.0	87	2.71	Saleh <i>et al.</i> (2017)
Maizena (Jagung)								
1	Gliserol	300	15.0	5.0	3.0	20	18.77	Estinigtas <i>et al.</i> (2012)
2	Gliserol	300	5.2	0.02	2.6	50	15.56	Siswanti <i>et al.</i> (2013)
3	Gliserol	1000	20	2.0	9.0	45	70.00	Luchese <i>et al.</i> (2017)
4	Gliserol	1000	30	3.0	9.0	30	103	Luchese <i>et al.</i> (2017)
5	Gliserol	1000	40	4.0	9.0	22.5	122	Luchese <i>et al.</i> (2017)
6	Gliserol	100	5.0	5.0	2.5	50	162.45	Ghasemlou <i>et al.</i> (2013)
7	Gliserol	100	7.5	7.5	3.0	40	84.5	Dai <i>et al.</i> (2015)
8	Sorbitol	100	0.6	0.6	0.06	10	76.00	Zuo <i>et al.</i> (2017)
9	Sorbitol	100	0.48	0.48	0.048	10	78.00	Zuo <i>et al.</i> (2017)
Sagu Alami								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.5	16	3.55	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	1.0	33	8.98	Wattimena <i>et al.</i> (2016)
3	Gliserol	100	3.0	3.0	1.5	50	17.55	Wattimena <i>et al.</i> (2016)

Jenis pati		Kondisi						Referensi
Sagu Alami	Plasticizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volume plasticizer (mL)	[plasticizer] (%) (b/b)	(%)	
4	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	38.93	Rusmawati (2020)
Sagu Asetat Modifikasi								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	1.2	40	35.72	Rusmawati (2020)
2	Gliserol	100	4.0	4.0	1.6	40	49.10	Rusmawati (2020)
3	Gliserol	100	5.0	5.0	2.0	40	63.92	Rusmawati (2020)
Kentang								
1	Gliserol	100	3.0	3.0	0.4	13	4.96	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
2	Gliserol	100	3.0	3.0	0.6	20	9.04	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
3	Gliserol	100	3.0	3.0	0.8	27	9.51	Sjamsiah <i>et al.</i> (2017)
Buah Sukun								
1		100	5.0	5.0			15.0	Marpongahtun (2013)
2	Silitol	100	5.0	5.0	1.0	20	25.0	Marpongahtun (2013)
3	Sorbitol	100	5.0	5.0	1.0	20	25.0	Marpongahtun (2013)
4	PEG 400	100	5.0	5.0	1.0	20	35.0	Marpongahtun (2013)
5	Gliserol	100	4.0	4.0	1.0	25	52.25	Jacob <i>et al.</i> (2014)
6	Gliserol	100	4.0	4.0	1.5	37.5	126.54	Jacob <i>et al.</i> (2014)

yang memenuhi nilai standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975), yaitu minimal 70%. Nilai persen elongasi yang telah memenuhi standar adalah *edible film* yang berbahan pati singkong 1% dan gliserol 0.2% sebesar 117.72% (Pamuji 2014); pati singkong 5% dan gliserol 2% sebesar 145.99% (Kawija 2017); pati singkong 5% dan gliserol 2% (Saleh *et al.* 2017) sebesar 184.32%; dan pati buah sukun 4% dan gliserol 1.5% sebesar 126.54%.

Putra *et al.* (2017) menyebutkan bahwa *plasticizer* dapat mengurangi energi aktivasi untuk pergerakan molekul dalam matriks. Semakin berkurangnya pergerakan molekul dapat menyebabkan bertambahnya daya elastis dari *edible film* sehingga peningkatan konsentrasi *plasticizer* hingga titik tertentu dapat menaikkan elongasi. Namun, peningkatan konsentrasi *plasticizer* akan menghasilkan *edible film* yang memiliki persen elongasi lebih tinggi hingga batasan tertentu sampai *film* yang dihasilkan tidak lembek (Siregar dan Irma 2012). Hal ini disebabkan adanya gliserol akan menurunkan gaya antar molekul sehingga mobilitas antar rantai molekul makin meningkat dan persen elongasi *edible film* pun semakin meningkat. *Plasticizer* akan menurunkan ikatan kohesi antar polimer yang membentuk *film* bersifat lebih elastis (Sitompul dan Zubaidah 2017). Semakin tinggi persen elongasinya, maka elongasi *film* juga akan meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Bourtoom (2007) juga menjelaskan gliserol menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas *film*.

3.3.5 Karakteristik *edible film* yang telah sesuai dengan *Japanese Industrial Standard* 1975

Edible film yang baik memiliki standar yang telah ditetapkan pada *Japanese Industrial Standard* 1975, yaitu ketebalan maksimum 0.25 mm, laju transmisi uap air (*water vapor transmission rate*) maksimum 10 g/m²/24 jam, kuat tarik (*tensile strength*) minimum 0.3 MPa, dan elongasi minimum 70 %. *Edible film* yang baik dapat berfungsi sebagai pembatas (*barrier*) dari kelembapan, oksigen, flavor, dan minyak untuk mempertahankan kualitas pangan (Maharani *et al.* 2017). Berdasarkan 22 pustaka dengan 59 satuan percobaan yang telah ditelaah, terdapat 10 satuan percobaan penelitian *edible film* yang telah memenuhi syarat pada *Japanese Industrial Standard* 1975 yang terangkum pada Tabel 11.

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan adalah 0.070 – 0.226 mm telah memenuhi standar maksimum 0.25 mm. *Edible film* yang terlalu tebal atau melebihi batas maksimum akan memengaruhi bahan yang dikemas, seperti mengubah aroma dan rasa (Maharani *et al.* 2017) serta dapat menurunkan nilai estetika dan pemasaran dari produk pangan yang dikemas.

Laju transmisi uap air (*water vapor transmission rate*) yang dihasilkan adalah 0.43 – 8.64 g/m²/24 jam dan tidak melebihi standar, yaitu maksimum 10 g/m²/24 jam. Menurut Dai *et al.* (2015), *edible film* yang baik untuk kemasan pangan adalah yang memiliki nilai WVTR sekecil mungkin dan mampu mengurangi perpindahan uap air dan kelembapan antara atmosfer di sekitarnya sehingga produk yang dikemas dapat terhindar dari kerusakan yang disebabkan oleh udara. *Edible film* yang menjadi bahan pengemas tersebut harus dapat berperan sebagai penghambat transfer massa, yaitu kelembapan, oksigen, cahaya, lipid, dan zat terlarut (Maharani *et al.* 2017). Penambahan gliserol berperan untuk

Tabel 11 Karakteristik *edible film* yang telah sesuai dengan *Japanese Industrial Standard* (JIS) 1975

Jenis pati	Konlasi						Ketebalan (Maks. 0.25 mm)	WVTR (maks. 10 g/m ² / 24jam)	Kuat tarik (min. 0.3MPa)	Elongasi (min. 70 %)	Referensi
	Tapioka (Sing- kong)	Plasti- cizer	Volume larutan (mL)	Bobot pati (g)	[pati] (%) (b/v)	Volu- me plasti- cizer (mL)					
1		Gliserol	100	4.0	4.0	1.7	0.122	0.43	1.74	136	Caetano <i>et al.</i> (2018)
2		Gliserol	1000	30	3.0	9.0	0.110	8.64	3.10	107	Luchese <i>et al.</i> (2017)
3		Gliserol	1000	40	4.0	9.0	0.130	6.00	3.80	124	Luchese <i>et al.</i> (2017)
Maizena (Jagung)											
4		Sorbitol	100	0.6	0.6	0.06	0.147	5.2	9.00	76	Zuo <i>et al.</i> (2017)
5		Sorbitol	100	0.48	0.48	0.048	0.127	5.0	8.00	78	Zuo <i>et al.</i> (2017)
6		Gliserol	1000	20	2.0	9.0	0.070	8.16	2.90	70	Luchese <i>et al.</i> (2017)
7		Gliserol	1000	30	3.0	9.0	0.120	7.68	2.90	103	Luchese <i>et al.</i> (2017)
8		Gliserol	1000	40	4.0	9.0	0.160	6.96	3.90	122	Luchese <i>et al.</i> (2017)
9		Gliserol	100	5.0	5.0	2.5	0.226	3.37	8.90	162.45	Ghasemlou <i>et al.</i> (2013)
10		Gliserol	100	7.5	7.5	3.0	0.148	2.74	1.20	84.5	Dai <i>et al.</i> (2015)

mengurangi kepadatan polimer yang digunakan dalam pembuatan *film*, dengan demikian laju transmisi uap air dapat meningkat.

Kuat tarik (*tensile strength*) dari 10 satuan percobaan yang memenuhi standar minimum 0.3 MPa memiliki nilai antara 1.20 – 9.00 MPa. Kuat tarik menunjukkan nilai maksimum gaya yang diproduksi jika dilakukan uji tarik. *Edible film* yang baik memiliki kuat tarik tinggi sehingga mampu melindungi produk pangan yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik.

Elongasi yang dihasilkan dari 10 satuan percobaan memiliki nilai antara 70 – 162.45 % dan telah memenuhi syarat minimum 70 %. Dari 10 satuan percobaan, dengan penambahan sorbitol 10 % yang dilakukan oleh Zuo *et al.* (2017) dengan menggunakan pati jagung sebagai bahan dasar *edible film* sudah mampu menghasilkan nilai elongasi sebesar 76 %, sedangkan Luchese *et al.* (2017) menggunakan gliserol 30 % untuk mendapatkan nilai elongasi *film* sebesar 107 %.

IV SIMPULAN DAN SARAN

41 Simpulan

Pati-patian merupakan material yang berpotensi untuk dijadikan *edible film* karena memiliki ketersediaannya melimpah, ekonomis, bersifat *biodegradable*, dan dapat memberikan karakteristik fisik dan mekanis yang baik. *Edible film* yang terbuat dari pati memiliki kekurangan, yaitu rendahnya resistensi terhadap air dan sifat penghalang terhadap uap air yang berpengaruh terhadap kestabilan *film*. Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi kerapuhan dan memudahkan pencetakan *film*, serta mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan *film*, terutama jika disimpan pada suhu rendah.

Karakteristik terbaik *edible film* mengacu pada standar *edible film* yang ditentukan pada *Japanese Industrial Standard* (1975). Terdapat 10 dari 59 satuan percobaan yang memenuhi standar dengan perbandingan kadar pati dan *plasticizer* tertentu. Penambahan *plasticizer* minimum yaitu sorbitol 10 % pada *edible film* berbahan dasar pati jagung sudah cukup menghasilkan karakteristik yang sesuai standar, yaitu ketebalan 0.147 mm, WVTR 5.2 g/m²/24 jam, kuat tarik 9.00 MPa, dan elongasi sebesar 76 %. Penambahan *plasticizer* pada kadar tertentu dapat menurunkan kualitas dari karakteristik *edible film*.

42 Saran

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai data awal untuk pengolahan data lebih lanjut dalam *systematic review* dan meta analisis mengenai *edible film* berbasis pati-patian. Pembuatan *edible film* dengan penambahan *plasticizer* yang minimum dapat menggunakan komposisi bahan pati jagung dengan konsentrasi *plasticizer* sorbitol 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah N, Sholichah E, Indrianti N, Darmajana DA. 2018. Pengaruh kombinasi plasticizer terhadap karakteristik edible film dari karagenan dan lilin lebah. *Bioproposal Industri*. 9(1):49–60. doi: 10.36974/jbi.v9i1.3765.
- Amalina YN. 2013. Edible film pati tapioka terplastisasi gliserol dengan penambahan agar. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Amaliya RR dan Putri WDR. 2014. Karakterisasi edible film dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3):43–53.
- Astuti AW. 2011. Pembuatan edible film dari semirefine carrageenan (kajian konsentrasi tepung SRC dan sorbitol). PKM.
- Banerjee SS, Aher N, Patil R, Khandare J. Review article: poly(ethylene glycol)-prodrug conjugates: concept, design, and applications. *Journal of Drug Delivery*. 1–7. doi: 10.1155/2012/103973.
- Boediono MPADR. 2012. Pemisahan dan pencirian amilosa dan amilopektin dari pati jagung dan pati kentang pada berbagai suhu. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Bourtoom T. 2007. Effect of some process parameters on the properties of edible film prepared from starches. Songkhla: Department of Material Product Technology.
- Caetano KS, Lopes NA, Costa TMH, Brandelli A, Rodrigues E, Flores SH, Cladera-Olivera F. 2018. *Food Packaging and Shelf Life*. 16:138–147. doi: 10.1016/j.fpsl.2018.03.006.
- Dai L, Qiu C, Xiong L, Sun Q. 2015. Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry*. 174:82–88. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.005.
- Darmajana DA dan Ghaffar RM. 2018. Sensory testing of dodol made from pineapple (*Ananas comosus* L.) with edible film packaging made from starch of the plant garut (*Maranta arundinacea* L.). *Proceeding of the 4th International Symposium on applied Chemistry*. doi: 10.1063/1.5064342.
- Estiningtyas HR, Kawiji, Manuhara GJ. 2012. Aplikasi edible film maizena dengan penambahan ekstrak jahe sebagai antioksidan alami pada coating sosis sapi. *Biofarmasi*. 10(1):7–16. doi: 10.13057/biofar/f100102.
- Fatnasari A, Nocianitri KA, Suparthana IP. 2018. The effect of glycerol concentration on the characteristic edible film sweet potato starch (*Ipomoea batatas* L.). *Scientific Journal of Food Technology*. 5(1):27–35.
- Fazilah A, Maizura M, Karim AA, Bhupinder K, Bhat R, Uthumporn U, Chew S. 2011. Physical and mechanical properties of sago starch-alginate films incorporated with calcium chloride. *International Food Research Journal*. 18(3):1027–1033.
- Fransiska D, Giyatmi, Irianto HE, Darmawan M, Melanie S. 2018. Karakteristik film k-karegenan dengan penambahan plasticizer polietilen glikol. *JPB Kelautan dan Perikanan*. 13(1):13–20. doi: 10.15578/jpbkp.v13i1.504.
- Garcia MA, Martino MN, Zaritzky NE. 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 46:58–67. doi: 10.1021/jf980014c.

- Garcia NL, Ribba L, Dufresne A, Aranguren M, Goyanes S. 2011. Effect of glyserol on the morphology of nanocomposites made from thermoplastic starch and starch nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*. 84(1):203–210. doi: 10.1016/j.carbpol.2010.11.024.
- Gennadios A dan Weller CL. 1998. Edible films and coating from wheat and corn proteins. *Food Technol*. 44(10):63–69.
- Ghasemlou M, Aliheidari N, Fahmi R, Shojaee-Aliabadi S, Kechavarz B, Cran MJ, Khaksar R. 2013. Physical, mechanical dan barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate Polymers*. 98:1117–1126. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.07.026.
- Guilbert S, Gontard N, Gorris LGM. 1996. Prolongation of the shelf life perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensm. Wiss. Technol*. 29:10–17. doi: 10.1006/fstl.1996.0002.
- Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke. 2009. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food components. *Food Microbiol*. 26(2):142–150. doi: 10.1016/j.fm.2008.10.008.
- Harsojuwono dan Amata. 2017. *Teknologi Polimer Industri Pertanian*. Malang (ID): Intimedia.
- Jacob AM, Nugraha R, Utari SPSD. 2014. Pembuatan edible film dari pati buah lindur dengan penambahan gliserol dan karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(1):14–21. doi: 10.17844/jphpi.v17i1.8132.
- Jaya D dan Sulistyawati E. 2010. Pembuatan edible film dari tepung jagung. *Eksergi*. 10(2):5–10. doi: 10.31315/e.v10i2.333.
- Kawiji, Atmaka W, Lestariana S. 2017. Studi karakteristik pati singkong utuh berbasis edible film dengan modifikasi cross-linking asam sitrat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 18(2):143–152. doi: 10.21776/ub.jtp.2017.018.02.14.
- Kechichian V, Dield C, Veiga-Santos P, Tadini CC. 2010. Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT – Food Sci. Technol*. 43(7):1088–1094. doi: 10.1016/j.lwt.2010.02.014.
- Kemala T. 1998. Pengaruh zat pemlastis dibutil ftalat pada polybend polistirena-pati. [Tesis]. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Knoll T, Omar MI, MacLennan S, Hernandez V, Canfield S, Yuan Y, Bruins, Marconi, Poppel HV, N'Dow J, Sylvester R. 2018. Key steps in conducting systematic reviews for underpinning clinical practice guideline: methodology of the European association of urology. *European Urology*. 290–300. doi: 10.1016/j.eururo.2017.08.016.
- Kokoszka S dan Lenart A. 2007. Edible coatings—formation, characteristics and use—a review. *Polish J. Food Nutr. Sci*. 57(4):399–404.
- Krochta JM dan Johnston CDM. 1997. Edible and biodegradable polymer film. *Journal of Food Technology*. 52(2):1–20.
- Kusumawati DH dan Putri WDR. 2013. Karakteristik fisik dan kimia edible film pati jagung yang diinkorporasi dengan perasan temu hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1(1):90–100.
- Larasati DA. 2017. Sifat fisik mekanik coating film berbasis pati sagu (*Metroxylon* sp.) ikat silang asam sitrat. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Larotonda FDS, Matsui KN, Soldi V, Laurindo JB. 2004. Biodegradable films made from raw and acetylated cassava starch. *Brazilian arch. Biol. Technol.* 47(3):477–484. doi: 10.1590/S1516-89132004000300019.
- Lieberman ER dan Gilbert SG. 2007. Gas permeation of collagen film as affected by cross-linkage, moisture and plasticizer content. *Journal Polymer Science Symp.* 41:33–43. Doi: 10.1002/POLC.5070410106.
- Lim S dan Seib PA. 1993. Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. *Cereal Chemistry.* 70:137–144.
- Liu F, Qin B, He L, Song R. 2009. Novel starch/chitosan blending membrane: antibacterial, permeable and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers.* 78(1):146–150. doi: 10.1016/j.carbpol.2009.03.021.
- Luchese CL, Spada JC, Tessaro IC. 2017. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops & Products.* 109:619–626. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.09.020.
- Maizura M, Fazilah A, Norziah MH, Karim AA. 2007. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. *Journal Food Science.* 72(6):324–330. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00427.x
- Maharani Y, Hamzah F, Rahmayuni. 2017. Pengaruh perlakuan sodium tripolyphosphate (STPP) pada pati sagu termodifikasi terhadap ketebalan,transparansi dan laju perpindahan uap air edible film. *JOM FAPERTA.* 4(2):11.
- Marpongahtun CFZ. 2013. Physical-mechanical properties and microstructure of breadfruit starch edible films with various plasticizer. *Eksakta.* 13(1).56–62. doi: 10.20885/eksakta.vol13.iss1-2.art7.
- Matsui T, Ebuchi S, Mtsugano K, Terahara N,Matsumoto K. 2004. Caffeoylsophore, a new natural α -glucosidase inhibitor, from red vinegar by fermented purple-fleshed sweet potato. *Biosci.* 6:2239–2246. doi: 10.1271/bbb.68.2239.
- Mc Hugh TH dan Krochta JM. 1994. Sorbitol and glycerol plasticized whey protein edible film: Integrated oxygen permeability and tensite property evaluation. *Journal Agriculture and Food Chemistry.* 42(4):841–845. doi: 10.1021/jf00040a001.
- Miskiyah, Widaningrum, Winarti C. 2009. Formulasi dan aplikasi edible coating pada paprika (*Capsium annuum*) untuk meningkatkan masa simpan minimal 10 hari. Laporan Akhir Tahun. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Moulia MN. 2018. Bionanokomposit edible coating/film dari pati ubi kayu, nanopartikel ZnO dan ekstrak bawang putih dengan kapasitas antibakteri. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mudaffar RA. 2018. Karakteristik edible film komposit dari pati sagu, gelatin, dan lilin lebah (beeswax). *Journal TABARO.* 2(2):247–256. doi: 10.35914/tabaro.v2i2.134.
- Muhammad K, Hussin F, Man YC, Ghazali HM, Kennedy JF. 2000. Effect of pH on phosphorylation of sago starch. *Carbohydrate Polymers.* 42(1):85–90. doi: 10.1016/S0144-8617(99)00120-4.

- Muin R, Anggraini D, Malau F. 2017. Karakteristik fisik dan antimikroba edible film dari tepung tapioka dengan penambahan gliserol dan kunyit. *Jurnal Teknik Kimia*. 23(3):191–198.
- Mulyadi AF, Pulungan MH, Qayyun N. 2016. Pembuatan edible film maizena dan uji aktifitas antibakteri (kajian konsentrasi gliserol dan ekstrak daun beluntas (*Pluchea indica* L.)). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 5(3):149–158. doi: 10.21776/ub.industria.2016.005.03.5.
- Murni SW, Pawignyo H, Widyawati D, Sari N. 2013. Pembuatan edible film dari tepung jagung (*Zea mays* L.) dan kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*.
- Nafchi AM, Karim AA, Mahmud S, Robal M. 2012. Antimicrobial, rheological, and physicochemical properties of sago starch films filled with nanorod-rich zinc oxide. *Journal Food Eng.* 113(4):511–519. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.07.017.
- Narendro MP. 2014. Edible film komposit pati tapioka-agar kertas terplastisasi gliserol dan limonena. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nata IF, Irawan C, Adawiyah M, Ariwibowo S. 2020. Edible film cassava starch/eggshell powder composite containing antioxidant: preparation and characterization. *IOP Conf. Series: Earth and Environment Science*. 524:1–7. doi: 10.1088/1755-1315/524/1/012008.
- Niken A dan Adepristian D. 2013. Isolasi amilosa dan amilopektin dari pati kentang. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(3):57–62.
- Ningsih SH. 2015. Pengaruh plasticizer gliserol terhadap karakteristik edible film campuran whey dan agar. [Skripsi]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Nisah K. 2017. Study pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik biodegradable dengan plasticizer gliserol. *Jurnal Biotik*. 5(2):106–113. doi: 10.22373/biotik.v5i2.3018.
- Nugroho A, Basito, Katri RBA. 2013. Kajian pembuatan edible film tapioka dengan pengaruh penambahan pektin beberapa jenis kulit pisang terhadap karakteristik fisik dan mekanik. *Jurnal Teknosains Pangan*. 2(1):73–79.
- Nurindra AP, Alamsjah MA, Sudarno. 2015. Karakterisasi edible film dari pati propagul mangrove lindur (*bruguiera gymnorhiza*) dengan penambahan carboxymethyl cellulose (CMC) sebagai pemlastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 7(2):125–132. doi: 10.20473/jipk.v7i2.11195.
- Pamuji MW. 2014. Pengembangan bionanokomposit film berbasis pati tapioka dan nanopartikel ZnO dengan plasticizer gliserol. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Park JW, Testin RF, Vergano DJ, Park HJ, Weller CL. 1996. Application of laminated edible film to potato chip packaging. *Journal Food Science*. 61(4):66–76. doi: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb12200.x.
- Permanasari ED. 1998. Aplikasi edible coating dalam upaya mempertahankan mutu dan masa simpan paprika (*Capsium annuum* var. Grossum). [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Perry A dan Hammond N. 2002. Systematic review: the experience of a PhD student. *Psychology Learning and Teaching*. 2(1):32–35. doi: 10.2304/2Fplat.2002.2.1.32.

- Phattaraporn T, Waranyou S, Thawien W. 2011. Effect of palm pressed fiber (PPF) surface treatment on the properties of rice starch films. *International Food Research Journal*. 18(1):287–302.
- Polnaya FJ, Haryadi, Marseno DW, Cahyanto MN. 2012. Preparation and properties of sago starch phosphates. *Sago Palm*. 20:3–11.
- Rincom AM dan Fanny CP. 2004. Physicochemical properties of venezuelan breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. *Archivos Latinoamericanos De Nutrition*. 53:449–456.
- Rojas-Grau MA, Tapia MS, Martin-Belloso O. 2008. Using polysaccharide-based edible coating to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT*. 41:139–147. doi: 10.1016/J.LWT.2007.01.009.
- Rosyadi E, Widjanarko SB, Ningtyas DW. 2014. Pembuatan lempeng buah lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan penambahan tepung ubi kayu (*Manihot esculenta crantz*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4):10–17.
- Rusmawati DA. 2020. Asetilasi pati sagu (*Metroxylon* sp.) untuk meningkatkan kinerja edible film. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Safira KR. 2020. Rice starch-based film incorporated with zinc oxide nanoparticles. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Saleh FHM, Nugroho AY, Juliantama. 2017. Pembuatan edible film dari pati singkong sebagai pengemas makanan. *Teknoin*. 23(1):43–48. doi: 10.20885/teknoin.vol23.iss1.art5.
- Sariningsih N, Handayani DS, Kusumaningsih T. 2019. Development and characterization of the medical properties of edible film from ginger starch, chitosan with glycerin as plasticizer to food packaging. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 1–6. doi: 10.1088/1757-899X/600/1/012011.
- Seknun N. 2012. Pemanfaatan tepung buah lindur dalam pembuatan dodol sebagai upaya dalam meningkatkan nilai tambah. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Septiana SA. 2017. Pengaruh penambahan polietilen glikol (PEG) pada campuran poli asam laktat dnegan sleulosa dari limbah padat tapioka. [Skripsi]. Bandar Lampung (ID): Universitas Lampung.
- Setiani W, Sudiarti T, Rahmidar L. 2013. Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun-kitosan. *Jurnal Valensi* . 3(2):100–109. doi: 10.15408/JKV.V3I2.506.
- Siregar S H dan Irma W. 2012. Pemanfaatan kulit singkong sebagai alternatif bahan baku edible film. *Jurnal Photon*. 3(1):15–21. doi: 10.37859/jp.v3i1.144.
- Siswanti, Anandito RBK, Manuhara GJ. 2013. Karakterisasi edible film komposit dari glukomanan umbi iles-iles (*Amorphopallus muelleri Blume*) dan maizena. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 6(2):111–118. doi: 10.13057/biofar/f070102.
- Sitompul AJWS dan Zubaidah E. 2017. Pengaruh jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap sifat fisik edible film kolang kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(1):13–25.
- Sjamsiah, Saokani J, Lismawati. 2017. Karakteristik edible film dari pati kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan penambahan gliserol. *Al-Kimia*. 5(2):181–192. doi: 10.24252/al-kimia.v5i2.3932.

- Soesilo D, Santoso RE, Diyatri I. 2005. Peranan sorbitol dalam mempertahankan kestabilan pH saliva pada proses pencegahan karies. *Maj. Ked. Gigi (Dent. J)*. 38(1):25–28. doi: 10.20473/j.djmkkg.v38.i1.p25-28.
- Sogiana MB. 2013. Pencirian bioplastik tepung tapioka terplastisasi gliserol dengan penambahan karaginan. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Su YL, Cheng W, Li C, Jiang Z. 2009. Preparation of antifouling ultrafiltration membranes with polyethylen glycol graft polyacrylonitrile copolymers. *Journal of Membrane Science*. 41:246–252. doi: 10.1016/j.memsci.2009.01.002.
- Sudarno, Prima A, Alamsjah MA. 2015. Karakteristik edible film dari pati propagul mangrove lindur (*Bruguiera gymnorhiza*) dengan penambahan carboxymethyl cellulose (CMC) sebagai pemlastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 7(2):127–130. doi: 10.20473/jipk.v7i2.11195.
- Supeni G, Cahyaningtyas AA, Fitriana A. 2015. Karakterisasi sifat fisik dan mekanik penambahan kitosan pada edible film karagenan dan tapioka termodifikasi. *Jurnal Kimia Kemasan*. 37(2):103–110. doi: 10.24817/jkk.v37i2.1819.
- Supriyadi. 2016. Community of practitioners: solusi alternatif berbagi pengetahuan antar pustakawan. *Lentera Pustaka*. 2(2):83–83. doi: 10.14710/lenpust.v2i2.13476.
- Suwarda R. 2019. Pati sagu modifikasi sebagai bahan edible film. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Syarifuddin A. 2014. Karakteristik edible film dari pektin albedo jeruk bali dan pati garut. [Skripsi]. Malang (ID): Universitas Brawijaya.
- Tan X, Gu B, Li X, Xie C, Chen L, Zhang B. 2017. Effect of growth period on the multi-scale structure and physicochemical properties of cassava starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 101:9–15. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.031.
- Tarigan S dan Damanik HC. 2018. Pengaruh komposisi sorbitol dan pati beras sebagai edible coating terhadap mutu buah salak (*Slaca zalacea*) selama penyimpanan. *Jurnal Agroteknosains*. 2(1):194–203. doi: 10.36764/ja.v2i1.144.
- Tawfik GM, Dila KAS, Mohamed MYF, Tam DNH, Kien ND, Ahmed AM, Huy NT. A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Tropical Medicine and Health*. 47(46):1–9. doi: 10.1186/s41182-019-0165-6.
- Thirathumthavorn D dan Charoenrein S. 2007. Aging effect on sorbitol-and non-crystallizing sorbitol-plasticized tapioca starch films. *Starch*. 59:493–497. doi: 10.1002/star.200700626.
- Ulfiah. 2013. Pencirian edible film tepung tapioka terplastisasi gliserol dengan penambahan natrium alginat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ulyarti U, Nazarudin N, Surhaini, Lisani, Ramadon R, Lumbanraja P. 2020. Cassava starch edible film with addition of gelatin or modified cassava starch. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 515:1–5. doi: 10.1088/1755-1315/515/1/012030.
- Utami R, Khasanah LU, Yunitar KK, Manuhara GJ. 2017. Pengaruh oleoresin daun kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) dua tahap terhadap karakteristik edible film tapioka. *Journal of Sustainable Agriculture*. 32(1):55–67. doi: 10.20961/carakatani.v32i1.15474.

- Warkoyo, Rahardjo B, Marseno DW, Karyadi JNW. 2014. Sifat fisik, mekanik, dan barrier edible film berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat. *Agritech*. 34(1):72–81. doi: 10.22146/agritech.9525.
- Waryat, Romli M, Suryani A, Yuliasih I, Johan S. 2013. Karakteristik morfologi, termal, fisik-mekanik, dan barrier plastik biodegradable berbahan baku komposit pati termoplastik LLDPE/HDPE. *Agritech*. 33(2):197–207.
- Wattimena D, Ega L, Polnaya FJ. 2016. Karakteristik edible film pati sagu alami dan pasti sagu fosfat dengan penambahan gliserol. *Agritech*. 36(3):247–252. doi: 10.22146/agritech.16661.
- Widodo LU, Wati SN, Vivi NM. 2019. Pembuatan edible film dari labu kuning dan kitosan dengan gliserol sebagai plasticizer. *Jurnal Teknologi Pangan*. 13(1):59–65. doi: 10.33005/jtp.v13i1.1511.
- Wijaya DR. 2013. Pencirian edible film pati tapioka terplastisasi sorbitol dengan penambahan natrium alginat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Winarno FG. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama
- Winarti C, Miskiyah, Widaningrum. 2012. Teknologi produksi dan aplikasi pengemas edible antimikroba berbasis pati. *Jurnal Litbang Pertanian*. 31(3):85–93. doi: 10.21082/jp3.v31n3.2012.p/25p.
- Wittaya T. 2012. Rice starch-based biodegradable films: properties enhancement in: structure and function of food engineering. *IntechOpen*. 103–134. doi: 10.5772/47751.
- Yulianti R dan Ginting E. 2012. Perbedaan karakteristik fisik edible film dari umbi-umbian yang dibuat dengan penambahan plasticizer. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 31(2):131–136. doi: 10.21082/jp3.v31n2.2012.p/25p.
- Yusmarlela. 2009. Studi pemanfaatan plasticizer gliserol dalam film pati ubi dengan pengisi serbuk batang ubi kayu. [Tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Zed M. 2003. *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta (ID): Yayasan Obor Indonesia.
- Zulmanwardi, Todingbua A, Saleh M. 2018. Optimasi rasio kitosan-pati umbi uwi dan pelarut untuk proses pembuatan plastik biodegradable dari pati umbi uwi (*Deoscorea alata*). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian*. 35–41.
- Zuo G, Song X, Chen F, Shen Z. 2019. Physical and structural characterization of edible bilayer films made with zein and corn-wheat starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 18:324–331. doi: 10.1016/j.jssas.2017.09.005.

RIWAYAT HIDUP



@Hak cipta milik IPB University

Penulis bernama lengkap Melati Maeky Permata, dilahirkan di Banyuwangi, 24 November 1997 dari pasangan Bapak Rohmanuadi Al Herman Tetuko dan Ibu Siti Kulwati. Ia merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Ia menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah 1 Jember (2004-2010), SMP Negeri 2 Jember (2010-2013), SMA Negeri 1 Jember (2013-2016), dan melanjutkan studi di Program Studi Teknologi Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2016.

Selama masa perkuliahan, ia aktif dalam beberapa kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Ia tergabung ke dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia (Pusat) 2020 sebagai Biro Kesekretariatan, Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia (Komisariat IPB) tahun 2018/2019 menjabat sebagai Sekretaris Umum dan tergabung dalam Ikatan Mahasiswa Jember di Bogor. Ia juga pernah berkontribusi menjadi Bendahara BAUR ITP 2018, Ketua Divisi Dana Usaha Reds Cup 2018, Ketua Divisi Acara Agrido IGTS 2018, dan anggota Divisi Dana Usaha Suksesi 2017.

Selain berpartisipasi dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan, selama masa perkuliahan ia juga telah meraih beberapa penghargaan di antaranya Juara 1 Tulis Cerpen Pensodent 2019, Juara 1 Tulis Cerpen FAC 2019, dan Juara 1 LKTI Agritech Exhibiton 2020 di Universitas Hasanuddin.