

edible Film : teknologi dan aplikasinya

by Budi Santoso

Submission date: 20-Feb-2022 06:30AM (UTC+0700)

Submission ID: 1766311549

File name: BUKU_EDIBLE_FILM_FINAL.pdf (2.82M)

Word count: 40904

Character count: 244008

Budi Santoso

EDIBLE FILM

TEKNOLOGI DAN APLIKASINYA



EDIBLE FILM : TEKNOLOGI DAN APLIKASINYA

Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si



Dilarang memperbanyak, mencetak, menerbitkan
sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

6

Ketentuan Pidana

Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

EDIBLE FILM : TEKNOLOGI DAN APLIKASINYA

57

Penulis : Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si
Layout : Tri Septiana Kebela
Desain Cover : Haryono

Hak Penerbit pada NoerFikri Palembang
Anggota IKAPI (No. 012/SMS/13)

Dicetak oleh NoerFikri Offset

Jl. Mayor Mahidin No. 142
Palembang – Indonesia ☒ 30126

Telephone : 0711 366625

Fax : 0711 366625

Email : noerfikri@gmail.com

Cetakan I : November 2020

16,24 x 25

xii, 178 hlm

6

Hak Cipta dilindungi Undang-undang pada Penulis

All right reserved

ISBN : 978-602-447-617-5

PRAKATA

Semua produk pangan akan mengalami kerusakan yang disebabkan oleh faktor eksternal maupun internal. Faktor eksternal yaitu sinar matahari, gas oksigen, karbondioksida, uap air dan mikrobia merusak pangan seperti bakteri, jamur, dan yeast. Untuk menghambat kerusakan tersebut dilakukan pengemasan terhadap produk pangan tersebut dengan bahan kemasan dimana plastik merupakan bahan kemasan yang paling banyak digunakan. Plastik merupakan bahan kemasan yang tidak ramah lingkungan sehingga penggunaan bahan ini terus diperhatikan untuk dikurangi penggunaan. Usaha pengurangan penggunaan bahan plastik sebagai bahan kemasan saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang bahan kemasan yang ramah lingkungan bahkan aman untuk dikonsumsi oleh manusia yang dikenal dengan istilah *edible film*.

Penelitian tentang *edible film* dari tahun ke tahun terus mengalami perkembangan yang sangat pesat dimana saat ini *edible film* bukan hanya sebagai pengemas pangan saja tapi juga memiliki keunggulan yaitu bersifat antioksidan dan antimikrobia. Pengembangan *edible film* yang dilakukan saat ini berfokus pada 3 hal utama, yaitu 1) eksplorasi bahan utama pembentuk *edible film*, 2) teknologi pembuatan *edible film*, dan 3) aplikasi *edible film* pada produk pangan. Di Indonesia, eksplorasi bahan pembentuk *edible film* diutamakan yang bersifat lokal seperti golongan umbi-umbian antara lain umbi ganyong, gadung, ubi kayu, garut dan lain sebagainya. Selain itu, bahan tambahan yang memiliki senyawa yang bersifat antioksidan maupun antimikrobia seperti ekstrak gambir, minyak sawit merah, daun salam, dan daun kenikir juga telah digunakan.

Sebagian besar isi buku ini disusun berdasarkan hasil-hasil penelitian peneliti dari tahun 2004 sampai 2020 dan pustaka-pustaka yang relevan dari hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh para peneliti baik mancanegara maupun Indonesia. Di perguruan tinggi, khususnya Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, *edible film* menjadi salah topik bahasan dalam mata kuliah pengemasan dan penyimpanan. Menyadari masih langkanya buku tentang *edible film* yang berbahasa Indonesia saat ini, disusunlah buku ini dengan tujuan dapat membantu mahasiswa agar lebih mudah memahami materi kuliah

yang diajarkan dan diharapkan juga bermanfaat bagi para peneliti dalam mengembangkan penelitian *edible film* ke depannya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan finansial pada penulisan buku ini melalui program insentif publikasi karya ilmiah tenaga pendidik Universitas Sriwijaya tahun 2020. Ucapan terima kasih juga kepada alm Prof Dr. Ir. H. Rindit Pambayun, M.P. yang telah memberikan masukan dan saran pada penyusunan kerangka buku ini. Tak lupa pula penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apa pun sehingga buku ini dapat diterbitkan.

Buku ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua, Ayahanda Alm H.M. Nasir, ZR dan Ibunda Alm Hj. Rosmawati, untuk istri Herlena Novita, A.Md dan anak-anak (Naura Nasiha Santoso, Zuhair Abdulazis Santoso, Muhammad Zahran Santoso, dan Zubair Yusuf Zulfakar Santoso), serta ayunda (Dardalena) dan adinda (Yohana Andriani, SE, Ti Sumirah, S.Si, dan Santi Ningsih).

Buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan karya ini dimasa yang akan datang.

Palembang, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN DEPAN	i
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP	5
2.1. Pengertian	5
2.2. Ruang Lingkup	7
BAB III. KARAKTERISTIK DAN PARAMETER MUTU	9
3.1. Karakteristik <i>edible film</i>	9
3.1.1. Ketebalan (<i>Thickness</i>)	9
3.1.2. Persen Pemanjangan (<i>elongation</i>)	9
3.1.3. Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	10
3.1.4. Laju Transmisi Uap Air	10
3.1.5. Permeabilitas gas O ₂ dan CO ₂	13
3.1.6. Kelarutan <i>edible film</i> dalam air	15
3.1.7. Aktivitas Air (<i>a_w</i>)	16
3.1.8. Warna	16
3.1.9. Uji Organoleptik	17
3.1.10. Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	17
3.1.11. Uji aktivitas antibakteri	17
3.1.12. Uji Aktivitas antioksidan	18
3.2. Parameter Mutu	19
Daftar Pustaka	21
BAB IV. KOMPONEN PEMBENTUK <i>EDIBLE FILM</i>	23
4.1. Hidrokoloid	24
4.1.1. Pati	24
4.1.2. Pati Ganyong	27
4.1.3. Pati Gadung	30
4.1.4. Pati Ubi Kayu	33
4.1.5. Pati Sagu	34
4.1.6. Pati Aren	37

4.1.7. Pati Garut	40
4.2. Pati Termodifikasi	43
4.3. Protein.....	52
4.4. Lipida.....	54
4.5. Komposit	55
4.6. <i>Plasticizer</i>	58
4.7. Bahan Tambahan	59
Daftar Pustaka	62
BAB V. TEKNOLOGI PEMBUATAN <i>EDIBLE FILM</i>	71
5.1. <i>Edible Film</i> Pati Gadung	72
5.2. <i>Edible Film</i> Pati Ganyong	76
5.3. <i>Edible Film</i> Pati Ubi Kayu	81
5.4. <i>Edible Film</i> Pati Aren	85
5.5. <i>Edible Film</i> Pati Sagu	87
5.6. <i>Edible Film</i> Pati Garut	89
5.7. Penggunaan <i>Emulsifier</i> dalam Teknologi Pengolahan <i>Edible Film</i>	91
5.8. <i>Edible Film</i> Komposit Berbasis Pati Ganyong.....	93
5.9. <i>Edible Film</i> Komposit Berbasis Pati Jagung	98
5.10. <i>Edible film</i> berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir.....	105
5.11. Peningkatkan sifat antibakteri <i>edible film</i> melalui modifikasi pH.....	116
5.12. <i>Edible film</i> berbasis pati jagung dengan ekstrak filtrat gambir.....	118
5.13. <i>Edible film</i> berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak filtrat gambir dan minyak sawit merah	128
5.14. Penambahan minyak sawit merah dan ekstrak daun kenikir dalam formulasi <i>edible film</i> berbasis pati ganyong	139
5.15. Penambahan filtrat ekstrak gambir dan ekstrak daun salam dalam formulasi <i>edible film</i> berbasis pati ganyong	151
Daftar Pustaka	161
BAB VI. APLIKASI <i>EDIBLE FILM</i> PADA PRODUK PANGAN	169
Daftar Pustaka	173
Daftar Index	176

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Permeabilitas terhadap uap air berbagai jenis <i>edible film</i>	12
Tabel 2. Permeabilitas gas O ₂ berbagai jenis <i>edible film</i>	14
Tabel 3. Parameter mutu <i>edible film</i> berdasarkan <i>Japanese Industrial Standard (JIS) 1975</i>	20
Tabel 4. Komposisi kimia umbi ganyong (per 100g)	29
Tabel 5. Karakteristik fisikokimia pati ganyong.....	30
Tabel 6. Karakteristik fisik umbi gadung.....	31
Tabel 7. Komposisi kimia umbi gadung dalam 100 g bagian yang dapat dimakan	31
Tabel 8. Karakteristik fisik dan kimia pati gadung	32
Tabel 9. Karakteristik fisik dan kimia pati ubi kayu	34
Tabel 10. Karakteristik fisiko kimia pati sagu	37
Tabel 11. Karakteristik fisiko-kimia pati aren	40
Tabel 12. Karakteristik fisiko-kimia umbi garut.....	41
Tabel 13. Karakteristik fisiko-kimia pati garut.....	43
Tabel 14. Karakteristik Karakteristik pati gadung, ubi kayu, dan ganyong termodifikasi dengan menggunakan beberapa konsentrasi senyawa POCl ₃	49
Tabel 15. Komposisi protein ikan	53
Tabel 16. Karakteristik fisik dan kimia <i>edible film</i> pati ganyong termodifikas	78
Tabel 17. Karakteristik <i>edible film</i> pati ubi kayu	83
Tabel 18. Karakteristik fisik dan kimia <i>edible film</i> pati aren.....	87
Tabel 19. Karakteristik <i>edible film</i> pati sagu	89
Tabel 20. Karakteristik <i>edible film</i> pati garut, pati garut hidroksipropil, dan pati komersil	91
Tabel 21. Pengaruh penggunaan <i>emulsifier</i> CMC dan Lesitin terhadap persen pemanjangan, kuat tekan, dan laju transmisi uap air <i>edible film</i>	92
Tabel 22. Persen pemanjangan, kuat tekan, dan laju transmisi uap air <i>edible film</i> pati ganyong dan termodifikasi	97
Tabel 23. Pengaruh konsentrasi minyak sawit terhadap laju transmisi uap air dan kadar air <i>edible film</i> komposit .	101

Tabel 24.	Pengaruh konsentrasi tween 20 terhadap kuat tekan <i>edible film</i>	103
Tabel 25.	Karakteristik <i>edible film</i> pati ganyong dengan penambahan surfaktan CMC 2%, ekstrak protein belut sawah 6%, ekstrak gambir 4%, dan kombinasi.....	114
Tabel 26.	Perbandingan karakteristik <i>edible film</i> yang dihasilkan dengan <i>Japanese Industrial Standard (JIS) 1975</i>	115
Tabel 27.	Pengaruh filtrat bubuk gambir terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, IC ₅₀ , dan diameter daya hambat (DDH) <i>edible film</i> ...	121
Tabel 28.	Pengaruh metode pemisahan campuran terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, IC ₅₀ , dan diameter daya hambat <i>edible film</i>	122
Tabel 29.	Pengaruh filtrat bubuk gambir terhadap persen pemanjangan dan aktivitas antioksidan <i>bioactive edible film</i>	132
Tabel 30.	Pengaruh minyak sawit merah terhadap persen pemanjangan dan kuat tekan <i>bioactive edible film</i>	133
Tabel 31.	Pengaruh minyak sawit merah terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri	143
Tabel 32.	Pengaruh ekstrak daun kenikir terhadap laju transmisi uap air, total fenol, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri.....	146
Tabel 33.	Pengaruh filtrate ekstrak gambir terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri	155
Tabel 34.	Pengaruh ekstrak daun salam terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, dan aktivitas antioksidan <i>edible film</i>	155
Tabel 35.	Kreteria bahan pengemas yang berefek pengawetan ..	169

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Posisi <i>edible film</i> sebagai pengemas primer.....	6
Gambar 2. Struktur molekul [A] amilosa dan [B] amilopektin ...	25
Gambar 3. Tanaman [A] ganyong merah dan [B] ganyong putih	28
Gambar 4. Umbi ganyong putih [A] dan umbi ganyong merah [B]	28
Gambar 5. Pati ganyong [A] dan granula pati ganyong [B]	29
Gambar 6. Tanaman gadung [A] dan umbi tanaman gadung [B]	30
Gambar 7. Pati gadung [A] dan dan granula pati gadung [B].....	32
Gambar 8. Tanaman [A] dan umbi ubi kayu [B]	33
Gambar 9. Pati [A] dan granula pati ubi kayu [B]	33
Gambar 10. Tanaman sagu (<i>Metroxylon sagu</i> Rottb).....	35
Gambar 11. Pati sagu [A] dan granula pati sagu [B]	36
Gambar 12. Pohon [A] dan buah tanaman aren [B].....	38
Gambar 13. Pati aren [A] dan granula pati aren [B]	39
Gambar 14. Tanaman garut [A] dan umbi tanaman garut [B]	41
Gambar 15. Pati umbi garut [A] dan granula pati garut [B]	42
Gambar 16. Struktur pati termodifikasi ikatan silang	44
Gambar 17. Mekanisme pelepasan ion Cl	47
Gambar 18. Reaksi fosforilasi pati dan POCl ₃ membentuk senyawa 42 ester.....	47
Gambar 19. Bentuk granula pati ganyong dengan perbesaran 1000x	51
Gambar 20. Bentuk granula pati gadung dengan perbesaran 1000x	51
Gambar 21. Bentuk granula pati ubi kayu dengan perbesaran 1000x	52
Gambar 22. Struktur kimia lesitin (fosfotidilkolin)	56
Gambar 23. <i>Carboxymethyl cellulose</i> (CMC).....	57
Gambar 24. Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> berbasis pati gadung.....	73
Gambar 25. <i>Edible film</i> berbasis pati gadung	74
Gambar 26. Diagram alir pembuatan pati gadung termodifikasi menggunakan POCl ₃ dengan metode ikatan silang .	75
Gambar 27. <i>Edible film</i> berbahan baku pati gadung termodifikasi yang mengalami keretakan atau pecah sebelum kering	76

Gambar 28.	<i>Edible film</i> pati ganyong non termodifikasi [A] dan pati ganyong termodifikasi [B]	77
Gambar 29.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> pati ubi kayu.....	82
Gambar 30.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> pati aren.....	86
Gambar 31.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> pati sagu	88
Gambar 32.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> pati garut	90
Gambar 33.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> komposit pati ganyong.....	95
Gambar 34.	Ikatan kompleks molekul pati-CMC- <i>beeswax</i>	97
Gambar 35.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> komposit pati jagung.....	100
Gambar 36.	Nilai rerata ketebalan <i>edible film</i> komposit pati jagung	102
Gambar 37.	Nilai rerata persen pemanjangan <i>edible film</i> pati jagung.....	104
Gambar 38.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> antibakteri berbasis pati ganyong	106
Gambar 39.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> antibakteri berbasis pati ganyong termodifikasi	107
Gambar 40.	<i>Edible film</i> antibakteri berbasis pati ganyong dan pati ganyong termodifikasi	108
Gambar 41.	Struktur membran sel bakteri Gram-positif	109
Gambar 42.	Struktur polimer peptidoglikan	110
Gambar 43.	Pengaruh penambahan senyawa katekin dan ekstrak protein terhadap persen pemanjangan <i>edible film</i>	111
Gambar 44.	Pengaruh penambahan bubuk gambir dan ekstrak protein terhadap laju transmisi uap air <i>edible film</i> ...	112
Gambar 45.	Nilai rerata kuat tekan <i>edible film</i> pati ganyong termodifikasi dan non termodifikasi dengan penambahan ekstrak protein, gambir, dan kombinasi keduanya	113
Gambar 46.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> antibakteri dengan kombinasi pH	117

Gambar 47.	Daerah daya hambat (zona bening) bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	118
Gambar 48.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> antibakteri berbasis pati jagung	120
Gambar 49.	Nilai rerata ketebalan <i>edible film</i> antibakteri berbasis pati jagung ¹⁵	121
Gambar 50.	Nilai rerata persen pemanjangan <i>edible film</i> berbasis pati jagung yang diinkorporasikan dengan filtrate ekstrak gambir ¹⁶⁹	123
Gambar 51.	Nilai rerata laju transmisi uap air <i>edible film</i>	124
Gambar 52.	Nilai rerata IC ₅₀ <i>edible film</i>	126
Gambar 53.	Nilai rerata diameter daya hambat <i>edible film</i>	127
Gambar 54.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> antibakteri berbasis pati ganyong	129
Gambar 55.	Nilai rerata ketebalan <i>edible film</i> antibakteri pati ganyong	131
Gambar 56.	Nilai rerata persen pemanjangan <i>bioactive edible film</i>	132
Gambar 57.	Nilai rerata kuat tekan <i>bioactive edible film</i>	133
Gambar 58.	Nilai rerata laju transmisi uap air <i>bioactive edible film</i>	135
Gambar 59.	Nilai rerata aktivitas antioksidan <i>bioactive edible film</i>	136
Gambar 60.	Nilai rerata DDH <i>bioactive edible film</i> terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	138
Gambar 61.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> fungsional berbasis pati ganyong	141
Gambar 62.	Nilai rerata ketebalan <i>edible film</i> fungsional	142
Gambar 63.	Nilai rerata persen pemanjangan <i>edible film</i> Fungsional ²¹⁹	145
Gambar 64.	Nilai rerata laju transmisi uap air <i>edible film</i> fungsional.....	146
Gambar 65.	Nilai rerata total fenol <i>edible film</i> fungsional	147
Gambar 66.	Nilai rerata aktivitas antioksidan <i>edible film</i> fungsional.....	149
Gambar 67.	Nilai rerata diameter daya hambat <i>edible film</i> fungsional.....	150
Gambar 68.	Diagram alir teknologi pembuatan <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	153

Gambar 69. Nilai rerata ketebalan <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	154
Gambar 70. Nilai rerata persen pemanjangan <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	156
Gambar 71. Nilai rerata laju transmisi uap air <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	157
Gambar 72. Nilai rerata laju transmisi uap air <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	158
Gambar 73. Nilai rerata aktivitas antibakteri <i>edible film</i> yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam	160

BAB I PENDAHULUAN

Bahan pangan merupakan kebutuhan ⁴² sangat penting bagi manusia baik dalam bentuk segar maupun olahan. Semua bahan pangan baik segar maupun olahan pasti akan ¹³⁴ mengalami kerusakan dimana kerusakan tersebut disebabkan oleh dua faktor yaitu : internal dan eksternal. Faktor internal merupakan faktor yang berasal dari dalam bahan pangan antara lain *water activity* (a_w), derajat keasaman (pH), dan kandungan nutrisi ⁴⁹ dalam bahan pangan tersebut. *Water activity* adalah kandungan air bebas yang terdapat dalam bahan pangan yang ¹ dapat dimanfaatkan oleh mikrobia dan reaksi biokimia seperti enzim. Setiap bahan pangan memiliki *water activity* yang berbeda beda, bahan pangan yang memiliki *water activity* rendah akan lebih tahan lama dibanding *water activity* tinggi. Bahan pangan yang mempunyai derajat keasaman (pH) rendah akan lebih tahan dari rusak ⁹⁹ baik oleh mikrobia maupun reaksi biokimia. Kandungan nutrisi bahan pangan juga berpengaruh terhadap umur simpan. Bahan pangan yang mengandung minyak sekaligus kadar air tinggi, maka ¹⁸⁵ produk ini akan berpeluang besar mengalami kerusakan ketengikan. Faktor eksternal merupakan faktor yang berasal dari luar atau lingkungan, yaitu sinar matahari, mikrobia, kelembaban relative (RH), karbondioksida, oksigen, temperature, dan mekanis. Sinar matahari dapat merusak bahan pangan terutama bahan pangan yang memiliki kadar lemak tinggi karena sinar matahari salah satu faktor penyebab terjadi reaksi ransiditas pada produk pangan. Mikrobia merusak produk pangan terdiri atas bakteri, jamur, dan yeast. Mikrobia dapat tumbuh dan berkembang pada produk pangan yang memiliki a_w tinggi, pH netral, dan kelembaban tinggi serta kadar oksigen tinggi. Untuk menghambat kerusakan bahan pangan tersebut langkah yang dapat dilakukan adalah mengurangi pengaruh faktor internal dan eksternal tersebut.

Beberapa sumber pustaka menyebutkan bahwa dalam meningkatkan umur simpan produk pangan banyak metode yang dapat dilakukan antara lain pengeringan, pendinganan, pemanasan, bahan kimia, dan pengemasan. Dalam buku ini tidak akan menjelaskan semua metode pengawetan yang disebutkan tersebut, namun akan lebih

mendalam pada metode pengemasan khususnya pengemasan *edible packaging*.

Pengawetan produk pangan dengan menggunakan teknologi kemasan saat ini semakin banyak digunakan karena teknologi ini dipandang aman untuk manusia karena tidak menggunakan bahan asing seperti bahan pengawet yang ditambahkan dalam bahan pangan. Bahan pengemas produk pangan berdasarkan fungsi dibagi tiga yaitu: primer, sekunder, dan tersier. Bahan kemasan primer mempunyai dua fungsi yaitu 1) mempertahankan kualitas dan 2) meningkatkan umur simpan produk pangan. Bahan kemasan sekunder memiliki dua fungsi yaitu 1) memberikan informasi kepada konsumen tentang isi produk pangan yang dikemas seperti nilai gizi, waktu kadaluarsa, izin produksi, sertifikasi halal, alamat produsen, berat isi, dan komposisi produk pangan dan 2) meningkatkan daya tarik konsumen atau aspek komersial. Aspek komersial ini pada umum terletak pada desain dan warna bahan kemasan. Bahan kemasan tersier berfungsi untuk memudahkan transportasi.

Secara umum bahan kemasan pangan dibagi dalam dua kelompok besar yaitu bahan kemasan *non biodegradable* dan *biodegradable*. Bahan kemasan *non biodegradable* adalah bahan kemasan yang tidak dapat diurai oleh mikrobia tanah sehingga tidak bisa hancur dan dapat mencemar lingkungan. Beberapa bahan kemasan yang termasuk *non biodegradable* adalah plastik, metal, kertas, alumunium foil, dan gelas. Bahan kemasan *biodegradable* adalah bahan kemasan yang bukan hanya ramah lingkungan (*non edible*), namun aman untuk konsumsi oleh manusia (*edible*).

Plastik merupakan salah satu bahan kemasan *non biodegradable* yang paling banyak digunakan saat ini. Ini dikarenakan plastik memiliki banyak keunggulan antara lain: mudah didapat, harga relatif murah, dan mudah dalam penggunaannya. Disamping memiliki keunggulan plastik memiliki beberapa kelemahan, yaitu aspek bahan baku, aspek penggunaannya, dan aspek pembuangannya. Aspek bahan baku, plastik terbuat dari minyak bumi dan hal ini tidak menguntungkan karena minyak bumi merupakan bahan yang tidak dapat diperbaharui dan tidak hemat energi. Aspek penggunaan, bahan plastik merupakan *polysteryne* yang mudah mengalami degradasi menjadi *monosteryne* pada suhu pada tinggi. Senyawa *monosteryne* memiliki efek negatif

jika digunakan untuk pengemas pangan karena dapat bermigrasi ke dalam bahan pangan dan hal ini salah satu penyebab penyakit kanker. Aspek pembuangan, limbah plastik tidak ramah lingkungan karena jika dibuang ke dalam tanah tidak dapat diurai oleh mikrobia sehingga mengganggu kesuburan tanah dan jika dibakar, asap yang dihasilkan dapat menyebabkan polusi udara.

Di Indonesia, penggunaan bahan kemasan plastik oleh industri pangan sebagai pengemas bahan pangan telah menempati porsi 80% dan 55% dari jumlah tersebut berupa bahan k¹⁵³emasan plastik feksibel. Penggunaan bahan kemasan plastik diprediksi dari tahun ke tahun akan selalu meningkat dan hal ini perlu diantisipasi secara dini. Dalam rangkaantisipasi hal ini beberapa tahun terakhir pengembangan bahan kemasan *biodegradable* terus dikembangkan.

Bahan kemasan *biodegradable* terdiri atas dua yaitu *non edible* dan *edible*. Bahan kemasan *biodegradable non edible* adalah bahan kemasan yang dapat diuraikan oleh mikrobia tanah dalam jangka waktu tertentu. Bahan kemasan *biodegradable non edible* saat ini telah dikembangkan seperti bioplastik yang memanfaatkan tandan buah kosong kelapa sawit dan hal ini tidak akan dibahas secara mendetail dalam buku ini. Bahan kemasan *biodegradable edible* adalah bahan kemasan yang aman dikonsumsi oleh manusia dan bahan kemasan ini lebih dikenal den¹⁵³ nama *edible packaging*. Bahan kemasan ini dibagi dua yaitu *edible film* dan *edible coating*. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kemasan ini menggunakan biopolimer yaitu hidrokoloid dan lipida secara rinci akan dibahas dalam bab-bab berikutnya dalam buku ini.



PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP

2.1. Pengertian

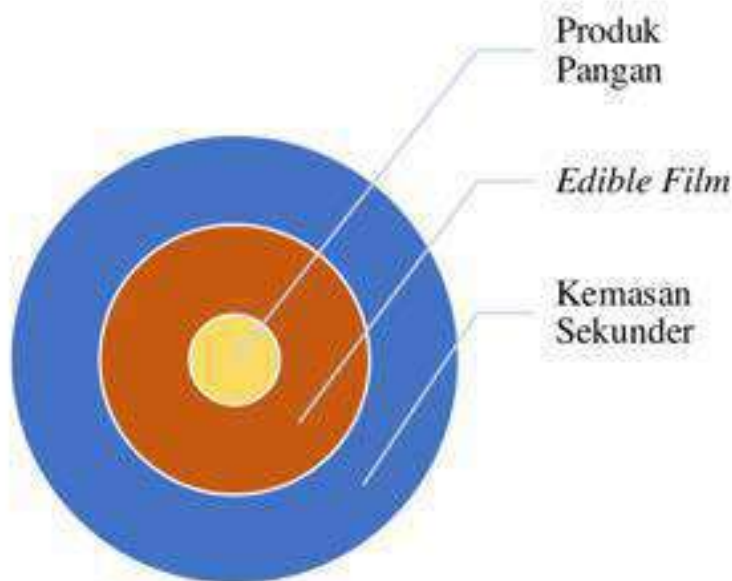
Edible packaging merupakan bahan kemasan untuk produk pangan yang aman dikonsumsi oleh manusia. Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan *edible packaging* terdiri atas 3 jenis, yaitu : hidrokoloid, lipida, dan komposit. Komponen hidrokoloid meliputi protein, derivat selulosa, alginat, pektin, pati, dan polisakarida lainnya. Komponen lipida meliputi *waxes*, asilgliserol, dan asam lemak. Komponen komposit terdiri dari gabungan komponen hidrokoloid dengan lipid. Komponen hidrokoloid mempunyai keunggulan dalam hal daya kohesif *edible film* terhadap bahan pangan yang dilapisi dan menahan laju transmisi gas oksigen dan karbondioksida namun kelemahannya memiliki laju transmisi uap air rendah. Komponen lipida memiliki keunggulan dalam hal mempertahankan laju transmisi uap air, namun memiliki sifat elastisitas rendah atau mudah retak. Kelebihan komponen komposit adalah memiliki keunggulan yang dimiliki hidrokoloid dan lipida serta menutup kelemahan dari masing-masing komponen tersebut.

Berdasarkan teknologi pembuatannya *edible packaging* dikelompokkan dalam tiga bentuk, yaitu *edible film*, *edible coating*, dan enkapsulasi. *Edible film* adalah *edible packaging* yang berbentuk lembaran tipis (*film*) yang digunakan sebagai pembungkus atau pengemas produk pangan. *Edible coating* dibuat dengan metode pencelupan produk pangan ke dalam suspensi *edible packaging*. Enkapsulasi adalah suatu aplikasi yang ditujukan untuk membawa komponen-komponen bahan tambahan makanan tertentu untuk meningkatkan penanganan terhadap suatu produk pangan sesuai dengan yang diinginkan.

Edible film berfungsi sebagai penahan (*barrier*) terhadap perpindahan massa (seperti kelembaban udara, oksigen, karbondioksida, lipida, dan zat terlarut) dan mempunyai efektivitas memperpanjang fase lag adaptasi dan menghambat pertumbuhan

mikroorganisme sehingga dapat memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas dan keamanan produk terkemas. Sejalan dengan pengembangan *edible film* dalam penelitian beberapa tahun terakhir, *edible film* dapat difungsikan sebagai bahan kemasan antimikrobia dan antioksidan dengan menambahkan senyawa antimikrobia dan antioksidan baik yang bersifat alami maupun sintetis.

Penggunaan *edible film* untuk pengemas produk pangan pada umumnya sebagai pengemas primer yang bersentuhan langsung dengan produk pangan yang dikemasnya seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi *edible film* sebagai pengemas primer

Beberapa kelebihan *edible film* sebagai bahan kemasan pangan diantaranya adalah:

1. Dapat menurunkan α_w permukaan makanan sehingga kerusakan makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme dapat dihindari
2. Dapat memperbaiki struktur permukaan bahan sehingga permukaan bahan pangan menjadi mengkilat.
3. Dapat mengurangi terjadinya dehidrasi sehingga susut bobot bahan pangan dapat dicegah

4. Dapat mengurangi kontak oksigen dengan bahan pangan sehingga oksidasi dapat dihindari dengan demikian ketengikan bahan pangan dapat dihambat
5. Sifat asli produk seperti flavor tidak mengalami perubahan
6. Dapat memperbaiki penampilan produk.
7. Bersifat ramah lingkungan.

Aplikasi penggunaan *edible film* sebagai pengemas bahan pangan yaitu pembungkusan agar terjadi tahanan yang selektif terhadap transmisi gas dan uap air dan memberikan perlindungan terhadap kerusakan mekanik. Di bidang farmasi, *edible film* digunakan untuk melapisi obat-obatan dan di bidang pangan untuk untuk melapisi manisan, produk konfeksioneri, buah-buahan, sayur-sayuran, dan beberapa produk daging, unggas maupun hasil laut.

2.2. Ruang Lingkup

Isi buku ini menjelaskan teknologi proses pembuatan *edible film*, komponen-komponen utama dalam *edible film*, pemanfaatan bahan lokal sebagai bahan *edible film*, proses modifikasi bahan utama *edible film*, pemanfaatan bahan bioaktif alami sebagai komponen pembentuk aktif *edible film*, dan aplikasi *edible film* sebagai bahan pengemas produk pangan.

Edible Film : Teknologi dan Aplikasinya



BAB III

KARAKTERISTIK DAN PARAMETER MUTU *EDIBLE FILM*

3.1. Karakteristik *Edible Film*

3.1.1. Ketebalan (*Thickness*)

Telah jelaskan sebelum bahwa *edible film* adalah lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi produk pangan yang berfungsi untuk menahan laju transmisi uap air dan gas baik oksigen maupun karbondioksida (faktor eksternal). Makin tebal *edible film* maka makin efektif untuk menahan laju faktor eksternal untuk penetrasi kedalam produk pangan dan hal ini berpengaruh terhadap peningkatan umur simpan. Namun ketebalan *edible film* dipersyaratkan oleh *Japanese Industrial Standard* (JIS,1975) maksimal 0,25mm, jika melebihi batas ini akan menyebabkan *edible film* mudah mengalami keretakan.

Ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh bahan biopolimer yang digunakan. Bahan biopolimer hidrokoloid dan lipida berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan *edible film*. Namun, kedua bahan ini mempunyai efek yang berbeda terhadap elastisitas, hidrokoloid meningkatkan elastisitas sedangkan lipida sebaliknya.

Metode pengukuran ketebalan *edible film* menggunakan metode *Microcal Messmer* (ASTM, 1993) dengan peralatan *micrometer* (Roch) (A281500504, Sisaku SHO Ltd, Tokyo, Japan). Pengukuran dilakukan pada *edible film* di lima tempat yang berbeda sampai mendekati 0,001 mm, satu di tengah film dan empat lainnya mengelilingi film. Kemudian diambil rata-rata dari kelima pengukuran ketebalan film.

3.1.2. Persen Pemanjangan (*Elongation*)

Persen pemanjangan merupakan persentase pertambahan panjang *edible film* setelah mengalami penarikan hingga putus. Persen pemanjangan *edible film* berbanding lurus dengan elastisitas, makin tinggi persen pemanjangan makin elastis *edible film*. Produk pangan yang dikemas dengan *edible film* memiliki persen pemanjangan sesuai dengan JIS 1975 akan lebih tahan terhadap kerusakan mekanis seperti tekanan. Persen pemanjangan dipengaruhi oleh komponen plastisizer baik jenis maupun konsentrasi yang digunakan. Makin tinggi

konsentrasi plastisizer makin tinggi persen pemanjangan dan sebaliknya.

Persen pemanjangan edible film diukur dengan Testing Machine MPY (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Prinsip pengukurannya, edible film dikondisikan dalam ruangan bersuhu 25°C, kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Instron diset pada *initoal grip separation* 50 mm, *Crosshead speed* 50 mm/menit dan *Loadcell* 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat film pecah atau robek (ASTM, 1993).

3.1.3. Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik menunjukkan nilai maksimum gaya stress yang diproduksi bilamana dilakukan uji *tensile strength* atau tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut putus. Sifat ini berhubungan erat dengan plastisizer yang ditambahkan. Makin tinggi konsentrasi plastisizer makin kecil gaya stress yang diproduksi, akan semakin rendah nilai *tensile strenght*. Metode pengukuran kuat tarik menggunakan alat yang sama dengan pengukuran persen pemanjangan. Kuat tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum dan persen pemanjangan dihitung pada saat edible film pecah atau robek.

3.1.4. Laju Transmisi Uap Air (LTUA)

Laju Transmisi uap air (g.m-2.hari-1) adalah jumlah uap air yang melalui suatu permukaan film persatuan luas dengan kata lain laju transmisi uap air merupakan slope dari hubungan jumlah uap air yang melakukan transmisi dibagi waktu. Laju transmisi uap air diukur dengan menggunakan water vapour transmission rate tester Bergerlahr metode cawan.

Film yang akan diukur dikondisikan sebelumnya pada ruang yang bersuhu 25°C dan kelembaban 50% selama 24 jam. Bahan penyerap uap air (desikan) diletakan dalam cawan sedemikian rupa sehingga permukaan berjarak 3 mm dari film yang akan diuji. Tutup cawan diletakkan sedemikian rupa sehingga bagian yang teralur menghadap ke atas. Film diletakkan ke dalam tutup cawan, lalu cincin karet tersebut menekan film. Selanjutnya tutup dikerupkan pada cawan. Cawan ditimbang dengan ketelitian 0,00001g, kemudian diletakan dalam

humidity chamber, ditutup lalu kipas angin dijalankan. Cawan ditimbang tiap hari pada jam yang hampir sama dan ditentukan pertambahan berat cawan. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara pertambahan berat (mg) dan waktu(jam). Nilai laju transmisi uap air dihitung dengan rumus (ASTM, 1993).

$$LTUA = \frac{4.8 \times m^2}{t} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

m^2 = Pertambahan berat (mg per hari)

t = Waktu antar 2 penimbangan terakhir (hari)

Perbedaan LTUA dengan permeabilitas adalah dalam hal penentuan nilai permeabilitas terhadap uap air selalu dilakukan pada kondisi dimana tebal dari *film*, temperatur, dan perbedaan tekanan pasial uap air diketahui. Permeabilitas uap air berbagai jenis *film* diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Permeabilitas terhadap uap air berbagai jenis edible film

Film	Tebal (mm)	Kondisi Pengujian	Permeabilitas (g.mm/m ² .det.kPa)
Bahan Baku Protein			
Zein:glyserin (4,9:1)	0,12-0,33	21°C; 85%RH	7,69-11,49
Gluten: glyserin (3,1:1)	0,38-0,42	21°C; 85%RH	52,1-54,4
Gluten: glyserin (2,5:1)	0,101	23°C; 0/11%RH	4,84
Gluten: glyserin (2,5:1)	0,140	26°C; 50/100%RH	108,4
Sodium caseinate (SC)	0,083	25°C; 0/81%RH	36,7
SC pH 4,6	0,072	25°C; 0/86%RH	22,3
SC acetylated MGS (2:8)	0,040	25°C; 0/84%RH	15,8
Whey Prot:Glyserin (1,6:1)	0,106	21°C; 0/11%RH	6,64
Whey Prot:sorbitol (1,6:1)	0,129	21°C; 0/79%RH	62,0
WP: Prot:sorbitol (3,5:1,8:1)	0,162	21°C; 0/94%RH	20,4
Bahan Baku Polisakarida			
HPMC	0,019	27°C; 0/85%RH	9,12
HPMC:stearic acid (0,8:1)	0,019	27°C; 0/85%RH	0,026
HPMC:PEG (9:1)	0,036	34°C; 85/0%RH	0,6048
SA:PA:HPMC:PEG	0,041	73°C; 85/0%RH	0,48
SA:PA:HPMC:PEG	0,041	73°C; 97/0%RH	0,336
SA:PA:HPMC:PEG	0,041	25°C; 97/65%RH	1,92
SA:PA:MC:HPMC:PEG	0,056	25°C; 3/0%RH	0,058
M.BW/MC:PEG (11,3:4)	0,05	25°C; 3/100%RH	0,096
M.BW/MC:PEG (11,3:4)	0,05	25°C; 97/65%RH	1,48
SA:HPMC (1:1,1)	0,19	27°C; 0/97%RH	0,106
Bahan Baku Lipida			
Acetylated monoglyseride	-	25°C; 85/0%RH	2,00-5,30
Parafin wax	-	25°C; 85/0%RH	0,00190
Chocolate	-	25°C; 97/0%RH	1,06
Shellac	-	25°C; 97/65%RH	0,40-0,571
Beeswax	0,04-0,05	25°C; 97/0%RH	0,0502
Microcrystallin	0,09-0,11	25°C; 0/100%RH	0,0292
Carnauba wax	0,09-0,11	25°C; 97/65%RH	0,0285
Candelila wax	0,09-0,11	25°C; 0/97%RH	0,0152

Sumber : Kroctha *et al.*, (1994)

Bahan biopolimer penyusun *edible film* mempengaruhi laju transmisi uap air terutama lipida. Makin tinggi konsentrasi lipida makin rendah laju transmisi uap air *edible film* tetapi *edible film* menjadi kaku dan mudah retak. Untuk membentuk *edible film* yang memiliki laju transmisi uap air rendah dan mempunyai sifat fisik tidak mudah retak maka bahan biopolimer yang digunakan adalah komposit. Bahan biopolimer komposit adalah bahan biopolimer yang terbentuk dari gabungan hidrokoloid dan lipida. Untuk secara rinci tentang bahan biopolimer pembentuk *edible film* akan dijelaskan pada Bab berikutnya.

3.1.5. Permeabilitas gas O₂ dan CO₂

Permeabilitas gas O₂ dan CO₂ didefinisikan sebagai laju transmisi gas O₂ dan CO₂ melewati suatu unit luasan dari *edible film* yang permukaan datar sebagai akibat perbedaan tekanan udara pada kedua sisi permukaannya. Bahan biopolimer penyusun *edible film* sangat menentukan tingkat permeabilitas gas oksigen dan karbondioksida. Protein merupakan bahan biopolimer *edible film* yang dapat meningkatkan permeabilitas gas O₂ dan CO₂ pada kondisi pH rendah, namun sebaliknya jika pada pH tinggi. Bahan biopolimer polisakarida menurunkan permeabilitas gas O₂ dan CO₂ *edible film* pada kondisi RH rendah. *Edible film* yang disusun bahan biopolimer lipida mempunyai tingkat permeabilitas terhadap gas oksigen sangat tinggi.

Tabel 2. Permeabilitas gas O₂ berbagai jenis *edible film*

Film	Tebal (mm)	Kondisi Pengujian	Permeabilitas (g.mm/m ² .det.kPa)
Bahan Baku Protein			
Kolagen	-	206; 0%RH	12,0
Kolagen	-	23°C; 63%RH	23,3
Kolagen	-	23°C; 3%RH	890
Zein: glycerin (4.9:1)	0.1-0.3	30°C; 0%RH	13.0-44.9
Gluten: glycerin (3.1:1)	0.23-0.42	30°C; 0%RH	9.6-24.2
Gluten: glycerin (2.5:1)	0.101	23°C; 0%RH	3.82
AM: Gluten: glycerin (0.1:2:5,1)	0.066	23°C; 0/84%RH	2.67
Isolat Protein kedelai	0.064-0.089	25°C; 75%RH	4.75
Glycerin (1,7:1)		3	
Whey Prot:sorbitol (1.5:1)	0.118	23°C; 30%RH	1.03
Whey Prot:sorbitol (1.5:1)	0.118	23°C; 75%RH	144-92
WP:sorbitol	0.118	23°C; 40%RH	2.35
Bahan Baku Polisakarida			
MC:PEG (9:1)	0.04-0.07	30°C; 0%RH	149-229
HPC:PEG (9:1)	0.05	30°C; 0%RH	308
HPC:PEG (9:1)	0.10	30°C; 0%RH	910
3 M:HPC:PEG (9:9:3)	0.015	30°C; 0%RH	298
M3 W/MC:PEG (11:3:4)	0.05	25°C; 0%RH	960
S:BW/MC:PEG (11:3:4)	0.05	25°C; 0%RH	319
PAMC:PEG (3:9:1)	0.054	24°C; 0%RH	365-401
PAMC:PEG (3:9:1)	0.054	24°C; 0%RH	785
Starch	-	24°C	13.130
Amylomaioze	-	24°C	1480
Bahan Baku Lipida			
Lilin mikrokristalin	0.04-0.05	25°C; 0%RH	1540
beeswax	0.04-0.05	25°C; 0%RH	931.7
Lilin candelia	0.04-0.05	25°C; 0%RH	175.4
Lilin carnauba	0.04-0.05	25°C; 0%RH	157.2
Asetosterin		26°C	1360
shellac		30°C	54.157

Sumber : Kroctha *et al.*, (1994)

Permeabilitas gas O₂ dan CO₂ diukur menggunakan gass transmission rate tester speedivac 2 dengan metode Manometer (ASTM, 1993). Prosedur kerja dimulai dengan mengkondisikan edible film bebas dari kerusakan atau cacat yang akan diukur dalam ruangan bersuhu 25oC, RH 50% selama 48 jam selanjutnya Film dipotong

dengan diameter 105 hingga 108 mm. Contoh ditempatkan pada dasar sel, ditutup dan sekrup dikencangkan. Ujung alat pengukur dimiringkan kekiri maka tetesan merkuri pada dasar tabung pengukur akan menuju pipa kapiler. Kran-kran ditutup, kran A dan 4 dibuka serta pompa vakum dihidupkan. Tabung tekanan kompresi dan tabung pengukur divakumkan sempurna mungkin kira-kira lima menit untuk mengurangi gas yang terabsorpsi dan teradsorpsi. Pemompaan dilanjutkan sampai tekanan dalam ruang kurang dari 0,2 mmHg (27 Pa). Kran 4 ditutup dan pompa tetap dihidupkan.

Alat pengukur dikembalikan dalam posisi tegak lurus. Udara dimasukkan perlahan-lahan pada distributor dengan cara membuka kran 3 sampai benang merkuri menuju kepiler pada skala nol dan kran A ditutup. Gas uji dimasukkan melalui sel penutup dan aliran diatur. Benang merkuri akan turun dimana lajunya tergantung kepada permeabilitas film yang akan diuji. Selanjutnya dibuat grafik antara tinggi merkuri (h) dalam centi meter terhadap waktu (t) dalam jam. Laju transmisi gas (G) pada tekanan 1 atm dihitung dengan rumus:

$$G = 24 \times \frac{T_0}{T} \times \frac{1}{P_0} \times \frac{10}{A} \times \frac{V + 2ah}{H - cH} \times \frac{dh}{dt} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana:

- $T_0 = 273 \text{ K}$
- $G = \text{Laju transmisi gas (cm}^3\text{/m}^2\text{/jam)}$
- $T = \text{Suhu pengujian (K)}$
- $P_0 = \text{Tekanan atmosfer normal (1 atm)}$
- $A = \text{Luas permukaan film uji (cm}^2\text{)}$
- $V = \text{Volume awal ruang 2 (cm}^3\text{)}$
- $a = \text{Penampang melintang tabung kapiler (cm}^2\text{)}$
- $h = \text{Tinggi merkuri dalam kapiler dibaca pada waktu mulai (cm)}$
- $H = \text{Tinggi kolom merkuri dihubungkan dengan tekanan atmosfer (cm)}$
- $c = \text{Faktor koreksi (1)}$
- $dh/dt = \text{slope dari kurva pada titik t (cm/jam)}$

3.1.6. **Kelarutan Edible Film dalam Air**

Persen kelarutan *edible film* adalah persen berat kering dari *film* yang terlarut setelah dicelupkan didalam air selama 24 jam. Prosedur kerja pengukuran persen kelarutan *edible film* (Laohakunjit dan

Noomhorm, 2004) adalah : satu gram *edible film* dilarutkan dalam 10 mL destilat dengan mengaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan skala 3 selama 30 menit. Larutan di sentrifuge pada 3000 rpm selama 15 menit. Bagian supernatan dibuang dan *film* yang tidak larut dikeringkan dengan oven pada temperatur 80⁰C selama 24 jam. Berat kering *film* yang tidak larut sebagai persen kelarutan *film* dalam air. Kelarutan *edible film* dalam air dihitung berdasarkan rumus:

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{a - b}{a} \times 100 \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

a = berat awal sampel (g)

b = berat sampel sisa yang tidak larut (g)

3.1.7. Aktivitas Air (*a_w*)

Aktivitas air *edible film* berkaitan dengan kerusakan oleh mikrobia. Komponen pembentuk *edible film* adalah biopolimer yang disukai oleh mikrobia, maka *a_w* *edible film* harus diatur hingga nilai *a_w* yang tidak dapat ditumbuh oleh mikrobia. Aktivitas air diukur dengan alat *a_w* meter *Shibaura WA-360*, dengan cara sebagai berikut: *a_w* meter dikalibrasi dengan menggunakan larutan NaCl sampai menunjukkan nilai *a_w* sebesar 0.751 pada suhu 30°C. *Edible film* yang telah dikondisikan dipotong segi empat berukuran 3x3cm dan diletakkan dalam cawan pengukur *a_w*. Setelah cawan ditutup dan dikunci, *a_w* meter dijalankan. Selama pengukuran berlangsung akan muncul tulisan "under test". Pengukuran selesai bila tulisan "Completed" muncul, dan nilai *a_w* langsung terbaca (ASTM, 1993).

3.1.8. Warna, Metode *Haze Meter* (ASTM, 1993)

Haze meter seri *NDH-200* buatan *Nipon Denshoku Kogyo Co Ltd* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur warna *edible film* dimana metode yang digunakan *Haze Meter* (ASTM, 1993). Prinsip kerja alat *Haze meter* seri *NDH-200* adalah mentransmisikan sinar dengan intensitas dan panjang gelombang tertentu pada *edible film*. Tingkat kejernihan ditentukan berdasarkan pada persen transmisi sinar dengan yang dilewatkan oleh *edible film* dengan ketebalan tertentu.

3.1.9. Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap penampakan dari edible film. Cara penilaian organoleptik dilakukan dengan uji hedonik yaitu menggunakan panelis agak terlatih sebanyak 15 orang. Bahan disajikan secara acak dengan diberi nomor kode, kemudian panelis diminta untuk memberikan penilaian pada salah satu kriteria skala hedonik. Hasil pengamatan dinyatakan dengan angka dari 1-7, dengan urutan sebagai berikut: 1(sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3(agak tidak suka), 4(netral), 5(agak suka), 6(suka), dan 7 (sangat suka).

14

3.1.10. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk melihat struktur mikro edible film. Analisis SEM menggunakan alat SEM 5200 (JEOL). Edible film sebelumnya dikeringkan dengan freeze drying selama 19 jam atau sampai kadar air mencapai 2% atau kurang. Edible film dipotong ukuran 0.5 x 0.5 cm diletakan pada tempat sampel yang telah dilapisi karbon. Setelah sampel dilapisi dengan emas (Au) 300Å, pengamatan dilakukan pada 20 Kv dan perbesaran 2000 kali.

3.1.11. Uji Aktivitas Antibakteri

Metode yang dapat digunakan untuk menguji aktivitas antibakteri ada 2 yaitu: uji difusi (*Disc diffusion test*) dan pengenceran. Uji difusi dapat dikerjakan melalui tiga metode yaitu silinder, metode lubang atau sumuran dan metode cakram kertas dengan persyaratan jumlah bakteri untuk uji kepekaan sensitivitas yaitu 10⁵-10⁸ CFU/mL. Prinsip metode uji difusi adalah mengukur diameter zona bening (*clear zone*) yang mengindikasikan adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri oleh suatu senyawa antibakteri dalam ekstrak.

Pengukuran aktivitas antibakteri untuk produk edible film pada umumnya menggunakan uji difusi yaitu metode sumuran. Metode ini membuat lubang pada agar padat yang telah diinokulasi dengan bakteri. Jumlah dan letak lubang disesuaikan dengan tujuan penelitian, kemudian lubang diinjeksikan dengan ekstrak yang akan diuji. Setelah dilakukan inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk melihat ada tidaknya daerah hambatan di sekeliling lubang.

Prosedur kerja : 1) sterilisasi semua peralatan yang akan digunakan dengan menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit. 2)

pembuatan suspensi bakteri uji (bakteri Gram-negatif atau Gram-positif) dengan cara mengambil 22 ose bakteri dari agar miring kemudian diinokulasikan ke dalam media *Nutrient Broth* (NB) steril. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. 3) Penyiapan media *Muller Hinton Agar* (MHA). MHA sebanyak 128 g dimasukkan ke dalam *Erlenmeyer* yang berisi aquadest sebanyak 150 mL, selanjutnya dipanaskan dan diaduk sampai larut. Media disterilkan dengan autoklaf selama 10 menit dengan suhu 121°C. 4) Pembuatan lubang sumur: penyiapan dan sterilisasi cawan petri dan cetakan sumur dengan diameter \pm 6mm dengan tinggi 1 cm. Suspensi bakteri uji dalam NB sebanyak 100 μ l dituangkan dalam media MHA, kemudian digoyangkan supaya homogen. Selanjutnya campuran media tersebut dituangkan sebanyak 10 mL ke masing-masing cawan petri yang sudah diletakkan cetakan sumuran sebelumnya dan dibiarkan hingga agar media mengeras, kemudian cetakan sumuran diangkat dan terbentuk sumuran dalam media. Sampel dituangkan sebanyak 50 μ l dalam masing-masing sumur dan inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37° C. Tiap cawan petri berisi 143 at jenis konsentrasi dan kontrol negatif. Kemudian sediaan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengukuran diameter zona hambat menggunakan jangka sorong.

3.1.12. Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode 1,1-dif 48 -1-2-pikrihidazil (DPPH) dan dilanjutkan dengan menghitung nilai IC50. DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang stabil sehingga apabila digunakan sebagai pereaksi dalam uji penangkapan radikal bebas cukup dilarutkan dan bila disimpan dalam keadaan kering dengan kondisi 21 penyimpanan yang baik dan stabil selama bertahun-tahun. IC50 adalah nilai konsentrasi efektif merupakan bilangan yang menunjukkan konsentrasi ekstrak (mikrogram/mililiter) yang mampu menghambat 50% oksidasi. Suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan sangat kuat jika nilai IC50 kurang dari 50, kuat (50-100), sedang (100- 150), dan lemah (151-200). Semakin kecil nilai IC50 semakin tinggi aktivitas antioksidan. (Badarinath, 2010).

Prosedur kerja dimulai dengan penyiapan sampel (*edible film*) sebanyak 0.5g dimasukkan ke dalam 50 mL aquades yang telah mendidih dan diaduk selama 2 menit. Suspensi disaring dan ditambahkan 50 mL aquades dan dibuat 4 seri pengenceran (0, 5, 10, 15 kali). Satu mL larutan sampel yang telah diencerkan ditambahkan 7 mL metanol dimasukkan tabung reaksi

ditutup. Suspensi sampel ditambahkan 2 mL DPPH. Sampel divorteks hingga homogen dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya sampel diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 517nm.

$$\text{Kapabilitas antioksidan (\%)} = \frac{(A \text{ blanko} - A \text{ sampel})}{A \text{ blanko}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

A blanko : Hasil peneraan spektrofotometer pada menit ke-0

A sampel : Hasil peneraan spektrofotometer pada menit ke-30

Selanjutnya perhitungan konsentrasi IC50, yaitu: $Y = aX + b$, $Y=50$

3.2. Parameter Mutu

Parameter mutu *edible film* hingga saat ini masih mengacu pada standart *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975* terdiri atas ketebalan (mm), persen pemanjangan, kuat tekan (newton), laju transmisi gas oksigen ($\text{mL/m}^2 \cdot \text{jam}$), dan laju transmisi uap air ($\text{g/m}^2 \cdot \text{hari}$), secara rinci seperti yang disajikan pada Tabel 3. Seiring dengan pengembangan hasil-hasil penelitian, karakteristik *edible film* mengalami penambahan seperti persentase kelarutan (sifat fisik), *water activity* (sifat kimia), dan fungsional baik antimikrobia maupun antioksidan.

Tabel 3. Parameter mutu *edible film* berdasarkan *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975*.

No	Karakteristik <i>edible film</i>	Standar (<i>Grade</i>) JIS 1975
1	a_w	-
2	Ketebalan (mm)	Max 0,25
3	Persen pemanjangan (%)	Min 70 (6-7)
4	Kuat tekan (Newton)	Min 100 (4-5)
5	Kelarutan (%)	-
6	Laju transmisi gas O ₂ (mL/m ² .jam)	Max 5
7	Laju transmisi uap air (g/m ² .hari)	Max 5 (5-11)

Sumber : *Japanese Industrial Standard (1975)*

DAFTAR PUSTAKA

- 163
ASTM. 1993. Annual book of ASTM standards. American Society for testing and material. USA. Philadelphia.
- 196
Badarinath A, Rao K, Chetty CS, Ramkanth S, Rajan T, and Gnanaprakash K. A Review on In-vitro Antioxidant Methods : Comparisons, Correlations, and Considerations. *International Journal of PharmTech Research*, 2010: 1276-1285.
- 39
JIS. 1975. Japanese Industrial Standart 2 1707. Japanese Standards Association. Japan.
- Krochta, J.M. Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. Edible Coatings and Film to Improve Food Quality. Technomic. Publi. Co. Inc. USA.
- 1
Laohakunjit. N and Noomhorm A. 2004. Effect of plasticizer on mechanical and barrier properties of rice starch film. *Starch*. 56: 348-356



BAB IV

162

KOMPONEN PEMBENTUK *EDIBLE FILM*

162

Edible film dibentuk dari bahan biopolimer yang terbagi atas tiga kategori, yaitu: hidrokoloid, lipida, dan komposit. Polisakarida dan protein merupakan bahan biopolimer kategori hidrokoloid. Bahan polisakarida meliputi pati dan turunannya, selulosa dan turunannya, alginat, pektin, kitosan, karagenan, gum arabik, dan pati termodifikasi secara kimia. Protein yang sering digunakan seperti zein jagung, kolagen, gelatin, gluten, isolat protein, kasein, albumin telur, dan whey protein. Bahan biopolimer kategori lipida pada umum dari wax dan oil antara lain parafin wax, vegetable oil, asam laurat, carnauba, wax, beeswax, ester asam lemak, dan asilgliserol. Komposit merupakan bahan biopolimer gabungan hidrokoloid dengan lipida. Penggunaan komposit ini dilakukan karena hidrokoloid maupun lipida memiliki keunggulan dan kelemahan dalam pembentukan karakteristik *edible film*. Biopolimer komposit dapat membentuk *edible film* dengan karakteristik yang lebih baik dibanding hidrokoloid maupun lipida.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa bahan biopolimer hidrokoloid mempunyai kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihanannya melekat sempurna pada permukaan bahan yang dilapisinya dan *barrier* yang baik terhadap gas. Kelemahannya sangat lemah sebagai *barrier* uap air. Sama halnya dengan hidrokoloid, lipida juga memiliki keunggulan yaitu sangat baik sebagai *barrier* uap air karena sifat hidropobik yang dimiliki dan memberikan pengaruh kilap pada permukaan produk. Kelemahannya yaitu tidak elastis sehingga bersifat kaku dan mudah retak. Dengan kelemahan ini, lipida tidak pernah digunakan sebagai bahan pembentuk *edible film* secara tunggal.

Bahan biopolimer komposit merupakan gabungan hidrokoloid dengan lipida dalam membentuk *edible film* seperti telah dijelaskan secara ringkas sebelumnya. Pembuatan *edible film* komposit melibatkan bahan lain dan sangat penting selain hidrokoloid dan lipida yaitu *emulsifier*. *Emulsifier* merupakan bahan yang bertugas untuk menyatukan antara komponen hidrokoloid dengan lipida dalam pembentuk matrik *edible film*. Penggunaan jenis *emulsifier* yang tepat sangat menentukan karakteristik *edible film* yang terbentuk. Pemilihan

jenis *emulsifier* ditentukan dari porsi hidrokoloid dengan lipida dalam formulasi tersebut. Jika porsi hidrokoloid lebih besar, maka *emulsifier* yang digunakan nilai HLB (*Hidrofilik Lipofilik Balance*) lebih besar dari 10 dan berlaku sebaliknya.

Seiring dengan kemajuan hasil penelitian, komponen pembentuk *edible film* tidak hanya tiga kategori bahan dan *emulsifier*, namun beberapa bahan aktif yang bersifat antimikrobia, antioksidan, dan flavor yang ditambahkan baik dari bahan alami maupun sintetis. Penambahan bahan aktif ini dimaksudkan untuk menambah keunggulan *edible film* tersebut. *Edible film* tidak hanya digunakan untuk menahan laju transmisi uap air dan gas, tetapi juga mempunyai sifat antimikrobia dan antioksidan dimana *edible film* dapat berfungsi membunuh mikrobia perusak dan mencegah terjadinya reaksi ransiditas pada produk pangan yang dilapisinya.

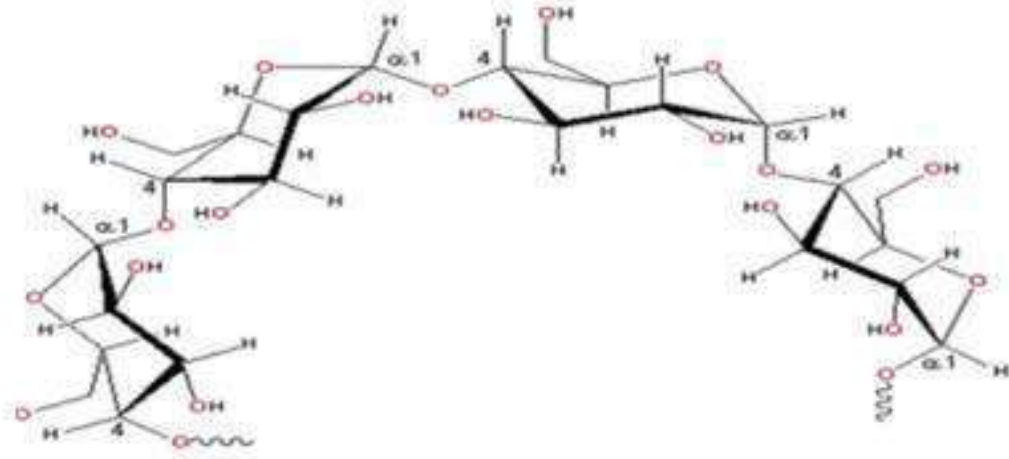
4.1. Hidrokoloid

Penggunaan bahan biopolimer hidrokoloid dalam pembuatan *edible film* sangat banyak jenisnya. Pada umumnya pemilihan jenis bahan yang digunakan tergantung tempat dimana bahan tersebut banyak tersedia dan belum dimanfaatkan secara optimal serta secara ekonomis lebih murah harganya. Misalkan di Negara Amerika dan Eropa sebagian besar *edible film* dibuat dari protein kacang kedelai dan di Indonesia hal ini tidak bisa dilakukan karena kacang kedelai sebagian besar berasal dari bahan import. Di Indonesia sumber bahan hidrokoloid yang banyak dan berlimpah adalah pati khususnya yang berasal dari umbi-umbian seperti ubi kayu, ganyong, gadung, garut, dan gadung.

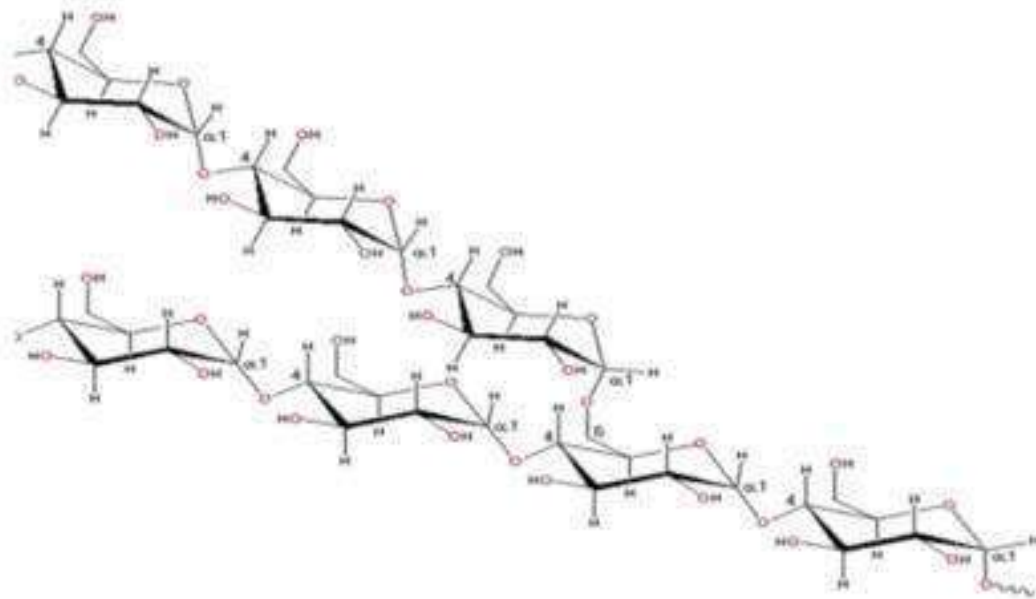
4.1.1. Pati

Pati merupakan cadangan makanan yang dihasilkan oleh tanaman dibagian plastisida dan tersimpan diberbagai organ seperti batang, buah, akar, dan umbi. Pati terdapat dalam bentuk granula. Granula pati berwarna putih, mengilap, tidak berbau, dan tidak berasa. Granula pati memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, tergantung sumbernya. Granula pati ada yang berbentuk bulat, oval, elips terpotong, poligonal, dan sebagainya. Ukuran diameter granula pati juga bervariasi dengan kisaran 2-100 μm .

Granula pati terdiri atas molekul amilosa dan amilopektin dengan rasio yang berbeda setiap pati. Pati dengan amilosa yang tinggi bersifat kering, kurang lekat, dan menyerap air lebih banyak dan sebaliknya jika amilopektinnya tinggi. Struktur molekul amilosa dan amilopektin seperti disajikan pada Gambar 2.



[A] Amilosa



[B] Amilopektin

Sumber: Chaplin (2002)

Gambar 2. Struktur molekul [A] amilosa dan [B] amilopektin

6
Perbedaan antara fraksi amilosa dan amilopektin terletak pada struktur dan kelarutannya. Kedua fraksi ini disusun oleh monomer yang sama yaitu molekul glukosa, tetapi amilosa memiliki struktur linear rantai glukosa yang dihubungkan bersama dari satu glukosa dan glukosa lainnya, ini disebut ikatan α -1,4-glikosidik. Amilopektin memiliki struktur bercabang melalui ikatan α -1,6-glikosidik, namun juga memiliki ikatan α -1,4-glikosidik. Perbedaan lain antara keduanya adalah bahwa amilosa memiliki rantai 300-beberapa ribu jumlah unit glukosa, di sisi lain, amilopektin memiliki 2000-200.000 unit glukosa 142
yaitu dengan bercabang setelah setiap 20-30 unit. Fraksi amilopektin larut dalam air dingin sedangkan amilosa larut dalam air panas.

Granula pati dapat mengalami gelatinisasi jika dipanaskan pada suhu tertentu 36
gantungan sumber pati. Menurut Hancock dan Taret (2000) bahwa mekanisme gelatinisasi dapat 36
bedakan menjadi 3 fase. Tahap awal, air secara perlahan-lahan dan bolak balik berimbibisi ke dalam granula, selanjutnya tahap kedua, yaitu pada suhu 60 hingga 85°C granula akan mengembang dengan cepat dan polimer yang lebih pendek akan larut, sehingga akhirnya pati kehilangan sifat birefringent. Pada tahap ketiga, jika temperatur tetap naik, maka molekul-molekul pati akan terdifusi keluar granula. Pada awal pengembangan granula secara cepat kejernihan suspensi akan naik dengan tiba-tiba.

Molekul amilosa dan 18
amilopektin berperan dalam pembentukan karakteristik edible film. Edible film yang terbuat dari pati dengan kadar amilosa tinggi bersifat kurang transparan, rendah kekuatan dan elastisitasnya, tetapi tinggi kerapatannya. Sebaliknya kadar amilopektin tinggi, edible film bersifat transparan, kekuatan, dan elastisitasnya tinggi, tetapi rendah kerapatannya. Rasio amilosa dan amilopektin sangat menentukan karakteristik edible film berbasis pati. Sifat transparansi berkaitan derajat kejernihan dan kerapatan berpengaruh terhadap porositas edible film 19
sehingga berdampak pada laju transmisi gas dan uap air edible film. Kekuatan gel atau film pati lebih ditentukan oleh kandungan amilosa karena struktur amilosa yang linier lebih mudah berikatan dengan sesamanya melalui ikatan hidrogen. Sedangkan amilopektin dengan struktur besar membentuk ikatan hidrogen yang relatif lemah memberikan struktur gel pati dan film kurang kompak dan tidak cocok digunakan sebagai gelling agent atau film forming akan tetapi digunakan sebagai pengental.

4.1.2. Pati Ganyong

Pati ganyong berasal dari umbi tanaman ganyong (*Canna edulis*. Kerr). Tanaman ini berasal dari India Barat, Srilanka, dan Amerika Tropis. Di Indonesia tanaman ganyong memiliki beberapa nama daerah seperti buah tasbih, umbi kikul, senitra, ganyal, atau ganur. Tanaman ini merupakan tanaman semak berbatang basah yang bersifat merumpun dan menahun serta tumbuh di hampir seluruh wilayah Indonesia dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Tanaman ganyong memiliki dua varietas yaitu ganyong putih dan merah. Ganyong putih mempunyai ciri-ciri batang dan daun berwarna hijau serta kulit berwarna keputih-putihan. Ganyong merah bercirikan daun berwarna hijau kemerah-merahan, urat-urat daunnya merah keungu-unguan, batang berwarna gelap dan umbi warna putih kemerah-merahan (Gambar 3).

Bentuk umbi ganyong beraneka macam mulai dari panjang lonjong, bulat, agak pipih, sampai tidak beraturan. Pada umumnya umbi berukuran panjang 60 cm dengan diameter 10 cm dan dikelilingi bekas-bekas sisik serta akar tebal yang berserabut. Umbi ganyong putih berdaging tebal dan berwarna putih kecoklatan sedangkan umbi ganyong merah bercirikan putih kemerah-merahan atau keungu-unguan yang jika masak rasanya manis. Umbi ganyong putih dan merah seperti yang disajikan pada Gambar 4.



[A]



[B]

Sumber : <https://bobo.grid.id/> dan <https://www.tokopedia.com>

Gambar 3. Tanaman [A] ganyong merah dan [B] ganyong putih



[A]



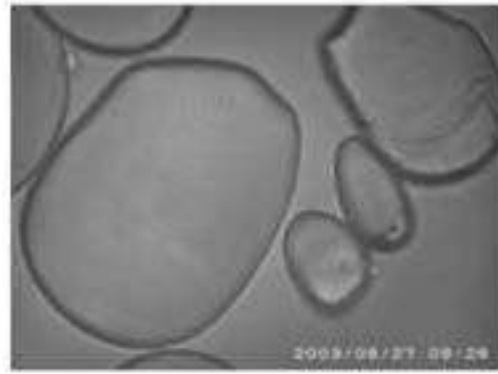
[B]

Sumber : Santoso *et al.*, (2007)

Gambar 4. Umbi ganyong putih [A] dan umbi ganyong merah [B]



[A]



[B]

Sumber : Santoso, (2011)

Gambar 5. Pati ganyong [A] dan granula pati ganyong [B]

Umbi ganyong ³⁷ merupakan salah satu sumber karbohidrat dari umbi-umbian yang sangat potensial karena umbi ini dapat diolah menjadi pati dan tepung (Gambar 5). Pengolahan umbi ganyong menjadi pati melalui proses pengolahan cara kering sedangkan tepung melalui proses pen⁹⁶olahan cara basa. Komposisi kimia umbi dan pati ganyong seperti yang sajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Komposisi kimia umbi ganyong (per 100g)

Parameter	Kisaran Nilai
22* (g)	75,0
Protein (g)	1,0
Lemak (g)	0,1
Karbohidrat (g)	22,6
Kalsium (mg)	21,0
Fosfor (mg)	70,0
Besi (mg)	20,0
Vitamin A (IU)	0
Vitamin B (mg)	0,1
Vitamin C (mg)	10,0

Sumber : Lingga (1995)

Tabel 5. Karakteristik fisikokimia pati ganyong

Parameter	Kisaran Nilai
Kadar air (%)	8,24-8,59
Kadar Pati (%)	62,92-67,32
Kadar amilosa (%)	21,14-24,44
Kadar amilopektin	75,56-78,86
Bentuk granula	Bulat sampai oval
Ukuran granula (μm)	20-50
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	69-69,75

Sumber : Santoso *et al.*, (2007)

4.1.3. Pati Gadung

Pati gadung berasal dari umbi tanaman gadung (*Dioscorea hispida* Dennust) yang telah diekstrak dan dikeringkan. Tanaman ini termasuk kelompok tanaman umbi-umbian yang merupakan salah satu sumber karbohidrat potensial bagi Negara Indonesia. Tanaman ini tergolong liar dan memiliki beberapa keunggulan, yaitu mudah tumbuh, tahan hama dan penyakit, dapat tumbuh dilahan marginal, dan produktifitas tinggi. Tanaman dan umbi gadung seperti yang disajikan pada Gambar 6.



[A]



[B]

Sumber : Pambayun, 2008

Gambar 6. Tanaman gadung [A] dan umbi tanaman gadung [B]

Umbi gadung berbentuk bulat berbulu, ukuran relatif lebih besar dari umbi-umbian lainnya. Bentuk bulat bervariasi dengan warna kulit kuning kecoklatan. Densitas rambut pada umbi umumnya sedang. Karakteristik fisik dan kimia umbi gadung seperti yang disajikan pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Karakteristik fisik umbi gadung

No	Komponen Fisik	Karakteristik
1	Diameter melintang	10-30 cm
2	Berat umbi	5-16 kg
3	Roundness	0,81
4	Warna kulit	Kuning kecoklatan, densitas rambut sedang
5	Warna umbi	Kekuning-kuningan
6	Edible portion	85,87%

Sumber : Pambayun, 2008

Tabel 7. Komposisi kimia umbi gadung dalam 100 g bagian yang dapat dimakan

Komponen	Jumlah	Komponen	Jumlah
Kalori (Kal)	101,0	Fosfor (mg)	69,0
Protein (g)	2,1	Besi (mg)	0,6
Lipida (g)	0,2	Vitamin C (mg)	9,0
Karbohidrat (g)	23,2	Vitamin B ₁ (mg)	0,1
Kalsium (mg)	20,2	Air (g)	73,5

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1996)

Selain komposisi kimia yang bermanfaat, umbi gadung juga memiliki kelemahan, yakni mengandung senyawa alkaloid yang bersifat toksik bagi manusia, antara golongan dioskorin dan diosgenin. Dioskorin bersifat sangat beracun, sedangkan diosgenin kurang beracun. Kedua senyawa itu sering menyebabkan keracunan apabila umbi gadung dikonsumsi. Selain diosgenin dan dioskorin, dalam umbi terdapat glukosida sianogenik. Senyawa ini disusun oleh satu atau lebih molekul gula dan komponen lain dikaitkan dengan aglikon (non-gula), yakni sianogenik. Senyawa terakhir sangat berpotensi menghasilkan

racun karena reaksi enzimatik menghasilkan asam sianida (HCN). Pembebasan HCN terjadi secara spontan begitu sianogenik kontak dengan enzimnya, -glukosidase.



Sumber : Santoso (2011)

Gambar 7. Pati gadung [A] dan granula pati gadung [B]

Umbi gadung merupakan sumber pati yang sangat potensial sama halnya dengan pati ganyong, namun sebelum proses pembuatan pati gadung harus didetoksifikasi terlebih dahulu⁷¹ untuk mereduksi kandungan HCN yang ada dalam⁸ umbi tersebut. Karakteristik fisik dan kimia pati gadung seperti yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Karakteristik fisik dan kimia pati gadung

Komponen Fisik	Karakteristik
Kadar Pati (%)	38,80
Kadar Amilosa (%)	12,42
Kadar Amilopektin (%)	87,58
Kadar Fosfat (ppm)	9,54
Kadar Air (%)	13,22
Kadar HCN (ppm)	210,66
Ukuran Granula (μm)	4,23-4,52

Sumber : Santoso, 2011

4.1.4. Pati Ubi Kayu

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu tempat penyimpanan pati pada bagian akar dan merupakan bahan yang potensial bagi masa depan dalam tatanan pengembangan agribisnis dan agroindustri. Tanaman dan umbi ubi kayu seperti yang disajikan pada Gambar 8.



[A]



[B]

Sumber : <http://cybex.pertanian.go.id/>

Gambar 8. Tanaman [A] dan umbi ubi kayu [B]

Pati ubi k³² digunakan pada industri pangan dan industri non pangan. Dalam industri pangan digunakan pada industri *bakery*, konfeksionari, es krim, saus, dan mi instan (Gambar 9).



[A]



[B]

Sumber : Santoso, 2011

Gambar 9. Pati [A] dan [B] granula pati ubi kayu

Pati ubi kayu sering juga disebut dengan tapioka. Granula pati ini berwarna putih dengan diameter bervariasi 5 hingga 35 μ m dan rata-rata 17 μ m. Granula ini berbentuk mangkok dan sangat kompak, tetapi selama pengolahan granula tersebut akan pecah menjadi komponen-komponen yang tidak teratur bentuknya. Granula pati tapioka sudah terpecah sempurna di bawah suhu 80°C. Sifat fisik dan kimia pati ubi kayu seperti yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Karakteristik fisik dan kimia pati ubi kayu

Komponen Fisik	Karakteristik
Kadar Pati (%)	43,21
Kadar Amilosa (%)	8,92
Kadar Amilopektin (%)	91,08
Kadar Fosfat (ppm)	22,24
Kadar Air (%)	12,76
Ukuran Granula (μ m)	17-83

Sumber : Santoso, 2011

Komponen utama dari ubi kayu adalah pati, yaitu 73,3-84,9%, yang terdiri atas amilosa sebanyak 17% dan amilopektin 83%. Selain itu, ubi kayu juga mengandung lemak sebesar 0,08-1,54%, protein (0,03-0,06%), abu (0,02-0,33), dan sedikit fosfor (0,8-4,0% x 10²) (Rickard *et al.*, 1991). *National Starch and Chemical Company* (1995) mengungkapkan bahwa suhu gelatinisasi pati ubi kayu berada di antara pati jagung waxy dan regular dengan viskositasnya lebih rendah dari pati jagung waxy. Suspensi pati ini mengalami retrogradasi dengan bentuk gel yang halus pada kondisi dingin dan lebih jernih dibanding pati-pati murni yang lainnya.

4.1.5. Pati Sagu

Tanaman sagu merupakan tanaman asli daerah tropis. Daerah potensial penghasil pati sagu di Indoensia antara lain Riau, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku dan Papua. Menurut Abner dan Miftahorrahman (2002) 90% tanaman sagu di Indonesia berasal dari Papua. Tanaman sagu species *Metroxylon sagus* seperti yang disajikan pada Gambar 10.



Sumber: Wikimedia Common, 2018

Gambar 10. Tanaman sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.)

Menurut Ishizaki (1996) produktivitas pati sagu kering mencapai 25 ton/ha/ tahun lebih tinggi dibanding ubi kayu dan jagung berturut-turut 1,5 dan 5,5 ton/ha/tahun dimana satu batang pohon sagu dapat menghasilkan pati kering hingga 200 kg. Haryanto dan Pangloli (1992) mengungkapkan produktivitas tanaman sagu dalam menghasilkan pati sangat bervariasi, tergantung jenis dan lingkungan tempat sagu tumbuh. Propinsi Sulawesi Tenggara menghasilkan pati sagu 200-450 kg per pohon sagu lebih tinggi dibanding Riau dan Kalimantan Barat berturut-turut 150-300 dan 175-210 kg per p²⁰⁰n.

Pati sagu merupakan hasil ekstraksi dari empulur batang sagu. Adapun cara ekstraksi tersebut adalah empulur batang sagu diparut kemudian ditambah air dan diremas-remas di atas ayakan sehingga pati dan ampas terpisah. Suspensi pati dialirkan ke dalam bak pengendapan dan dibiarkan beberapa saat sehingga pati mengendap. Pati tersebut dikeringkan dengan cara penjemuran. Rendemen pati sagu yang dihasilkan rata-rata 20,2% dengan kisaran 15-30%. Jumlah pati yang dihasilkan dari tiap pohon rata-rata 150 kg dengan kisaran antara 90-325 kg (Flach, 1996).



[A]

[B]

Sumber : Syafutri, 2015

Gambar 11. Pati sagu [A] dan granula pati sagu [B]

Pati s¹²⁸ yang baik dan aman untuk bahan pangan memiliki karakteristik yang sudah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). K¹⁸⁰riteria yang sudah ditetapkan BSN meliputi sifat visual yaitu bentuk : halus; bau : normal (bebas dari bau asing); warna : putih; rasa : normal; dan lolos ayakan 80- 100 mesh. Sifat proksimat yang ditetapkan untuk pati sagu yaitu : kadar air : maksimal 13%; kadar abu maksimal 0.5%; kadar pati minimal 65%; kadar asam maksimal 4 ml (NaOH 1 N -1100g); dan kadar serat kasar maksimal 0.1%. Kualitas pati juga ditentukan oleh warna pati yang dipengaruhi oleh peralatan saat ekstraksi dan faktor genetik yang⁴⁵ mempengaruhi warna empulur sagu. Pati sagu dalam bentuk aslinya merupakan butiran atau granula berwarna putih mengkilat, tidak berbau, dan tidak berasa. Wirakartakusumah *et al* (1981) melaporkan bahwa pati sagu berbentuk elips dengan ukuran 5-80 μ m dan relatif besar dari pati sereal. Karakteristik fisiko-kimia pati sagu seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik fisiko-kimia pati sagu

Parameter	Kisaran nilai
Kadar pati (%)	50-65
Kadar amilosa (%)	20-30
Rasio amilosa:amilopektin	27-73
Bentuk Granula	elips
Ukuran granula (μm)	20-60
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	60-72

Sumber: Knight (1989) dalam Harris (1999)

238

Ahmad and Williams (1998) menjelaskan pati sagu mengandung amilopektin 73%±3 dengan kadar amilosa 27%±3, ukuran granula rata-rata 30, suhu gelatinisasi pati 70°C, entalpy gelatinisasi 15-17 J/g, dan termasuk tipe C pada pola X-ray difraction. Hilum pati sagu tidak terpusat, berada pada ujung yang bulat dan terdapat cicin yang tidak seragam pada granula pati tersebut.

53

4.1.6. Pati Aren

Tanaman aren banyak sekali terdapat di wilayah Asia Tenggara, India, bagian selatan Cina serta kepulauan Guam. Tanaman aren ini juga tersebar di seluruh wilayah Indonesia, di berbagai daerah perbukitan yang sangat lembab khususnya seperti di Sulawesi, Maluku, Papua dan Sumatera.

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan tanaman serba guna bagi manusia. Hampir semua bagian tanaman ini bernilai ekonomis. Buahnya bisa diolah menjadi kolang-kaling sebagai campuran es, manisan, atau dimasak sebagai kolak. Daunnya biasa digunakan sebagai bahan atap rumah. Sementara lidinya bisa dibuat barang anyaman sederhana dan sapu ijuk. Tanaman ini juga populer sebagai penghasil utama gula yang biasa disebut gula aren. Selain sebagai tanaman penghasil berbagai bahan yang dibutuhkan oleh manusia, tanaman aren merupakan tanaman pelindung tanah yang sangat efektif, terutama di areal tanah yang kritis. Tanaman aren telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan, dibanyak tempat di Indonesia. Hal ini disebabkan tanaman aren banyak

tumbuh secara alami di lahan pertanian dan hampir semua bagian tanaman dapat dimanfaatkan oleh manusia.



[A]

[B]

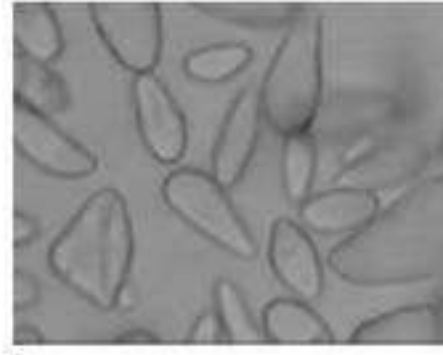
Sumber : <http://balitka.litbang.pertanian.go.id>

Gambar 12. [A] Pohon dan [B] buah tanaman aren

Selain bagian buah, batang, daun, dan lidi, bagian empulur tanaman aren juga dapat diolah menjadi pati aren. Namun, tidak semua pohon aren dapat menghasilkan pati. Pohon aren yang telah disadap niranya tidak lagi menghasilkan pati. Untuk mengetahui pohon aren yang mengandung pati, perlu diketahui umur pohon, kematangan buah, jumlah daun, penampakan visual, dan uji pahat (Miller, 1964). Pohon aren yang mengandung pati maksimum pada umur 6-12 tahun ditandai dengan pohon aren mulai berbunga jika pohon aren telah berbunga dan berbuah kandungan pati aren menurun.



[A]



[B]

Sumber : Alam *et al.*, 2009

Gambar 13. [A] pati aren dan [B] granula pati aren

Pati aren (Gambar 13A) diproses baik dengan cara tradisional maupun cara mekanik. Pengolahan secara tradisional dilakukan dengan terlebih dahulu memotong batang sepanjang kurang lebih 2 meter dan selanjutnya dibelah dua secara membujur. Dengan menggunakan palu yang terbuat dari kayu, empulur batang dihancurkan mulai dari satu ujung keujung potongan. Remukan empulur kemudian dicuci dibawah aliran air sehingga patinya terhanyut dengan air. Aliran air ini kemudian ditampung dalam suatu wadah dimana patinya diendapkan. Setelah beberapa jam diendapkan, air dibuang secara perlahan-lahan dan endapan patinya dikumpulkan untuk digunakan langsung sebagai bahan makanan atau dikeringkan untuk disimpan. Pengolahan secara mekanik dilakukan dengan terlebih dahulu memotong batang sepanjang kurang lebih 50 cm. Potongan tersebut kemudian dibelah membujur menjadi enam sampai delapan potong. Empulur batang selanjutnya diparut dengan mesin pamarut. Hasil parutan dicuci dengan air dan diproses dengan cara yang sama pada pembuatan secara tradisional diatas. Karakteristik fisiko-kimia pati aren seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Karakteristik fisiko-kimia pati aren

Parameter	Kisaran nilai
Kadar pati (%)	58,85-85,25
Kadar amilosa (%)	21,50-28,71
Rasio amilosa:amilopektin	24:76
Ukuran granula (μm)	3,80-13,50
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	71,20-84,00

Sumber : Hendrasono (1984)

Pati ini terdiri dari butiran-butiran (granula) yang berbentuk memanjang/lonjong dengan kedua ujungnya melancip (Gambar 13B). Suhu gelatinisasi pati aren dimulai pada 62°C dan mencapai maksimum pada 75°C . Viskositas pati aren pada saat pendinginan adalah sangat tinggi dibandingkan dengan viskositas dari pati-pati lainnya. Viskositas bahan sesudah tergelatinisasi merupakan faktor yang sangat penting dari penggunaan pati itu sendiri. Pati aren mempunyai viskositas yang lebih tinggi dari pati lainnya. Dibandingkan dengan pati ubi kayu, pati aren mempunyai kekentalan yang melebihi dua kali dari kekentalan pati ubi kayu.

4.1.7. Pati Garut

Tanaman garut banyak dikenal di seluruh Indonesia dengan beberapa nama lokal seperti lerut (Pekalongan), angkrik (Betawi), patat (Sunda), sagu (Ciamis dan Tasikmalaya), tarigu (Banten), sagu Belanda (Padang, Ambon dan Aceh) atau larut, pirut, kirut (Jawa Timur). Umbi garut segar mengandung nutrisi yang cukup tinggi sebagai bahan pangan, yaitu 19,4% - 21,7% pati, 1,0% - 2,2% protein, 69,0% - 72,0% air, 0,6% - 1,3% serat, 1,3% - 1,4% kadar abu, serta sedikit gula (Rukmana, 2000). Umbi garut segar dapat menghasilkan pati dengan rendemen 15% - 20%. Tanaman dan umbi garut seperti yang disajikan pada Gambar 14.



[A]



[B]

Sumber: <https://www.kompasiana.com> dan <https://bibitbunga.com>
Gambar 14. [A] Tanaman garut dan [B] Umbi tanaman garut

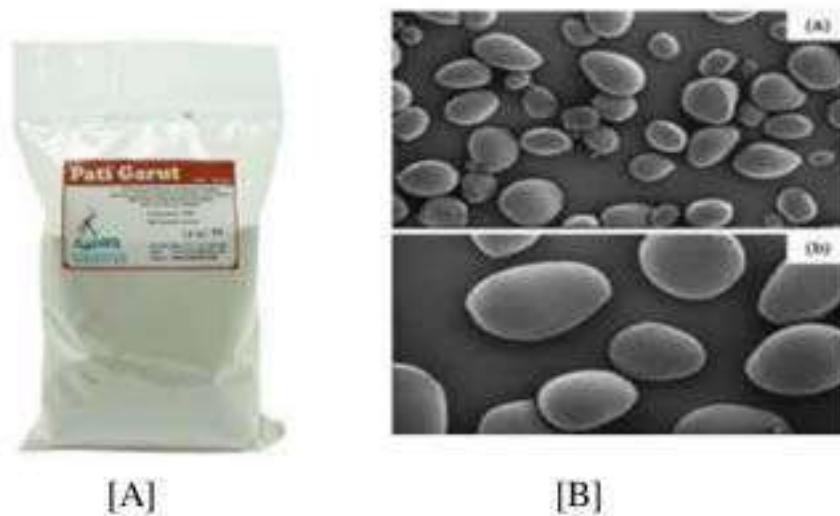
17 Selain itu, umbi garut juga dapat diolah menjadi tepung garut. Tepung atau pati garut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk pangan seperti roti, kue kering (cookies), cake, mie, makanan ringan, dan aneka makanan tradisional.

Tabel 12. Karakteristik fisiko-kimia umbi garut

Parameter	Kisaran nilai
Proksi	59
Kadar Air (%)	11,48
Abu (%)	0,34
Protein (%)	0,24
Lemak (%)	0,68
Karbohidrat (by difference) (%)	98,74
Daya Cerna Pati (%)	84,35
Pati (%)	98,10
Amilosa (%)	24,64
Amilopektin (%)	73,46
Pati resisten (%)	2,12
Gula pereduksi (%)	4,96

Sumber : Faridah *et al.*, (2014)

Tahapan pembuatan pati garut terdiri atas: 1) pemilihan umbi garut segar dan dibersihkan dari kotoran serta sisik-sisiknya dicuci dengan air bersih yang mengalir, 2) pamarutan dan pemisahan, umbi garut diparut hingga menjadi bubur kasar, kemudian ditambahkan air bersih sambil diremas-remas agar keluar patinya. Selanjutnya, bubur tersebut disaring dengan kain untuk memisahkan pati dari seratnya menggunakan mesin press hidrolik sehingga cairan dapat terpisah dengan padatnya. Padatan atau ampas yang terdapat pada kain saring merupakan pati garut yang siap dikeringkan. 3) pengeringan endapan, pati garut dijemur hingga kering, kemudian digiling menjadi pati halus, dan 4) pengemasan dan penyimpanan, pati garut yang sudah kering ditimbang dan dikemas menggunakan kemasan primer dan sekunder kantong plastik PP 0.8 dengan plastik sealer.



Sumber : Faridah *et al.*, (2014)

Gambar 15. [A] Pati umbi garut dan [B] Granula pati garut

Pati garut mempunyai sifat mudah larut dan mudah dicerna, granulanya berbentuk oval dengan ukuran 15-70 μ m, suhu gelatinisasi 70°C, mudah mengembang sebesar 54% bila terkena air panas, dan pH 4.5-7. Sifat fisiko-kimia pati garut seperti pada Tabel 13.

4

Tabel 13. Karakteristik fisiko-kimia pati garut

Parameter	Kisaran nilai
Kadar pati (%)	84.09
Kadar amilosa (%)	31.35
Kadar Amilopektin (%)	68.05
Rasio amilosa:amilopektin	1:2.13
Bentuk Granula	oval
Ukuran granula (μm)	17-50
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	66.75

Sumber: Chilmijati (1999)

4.2. Pati Termodifikasi

72

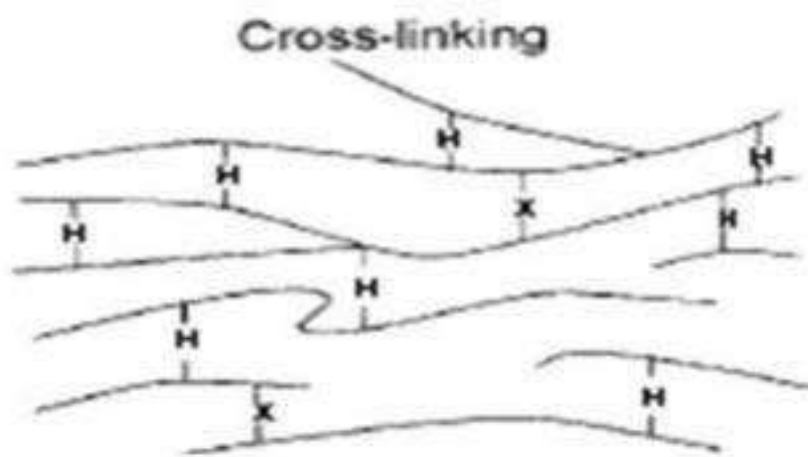
Pati alami umumnya mempunyai struktur lemah, gel kohesif, suhu gelatinisasi tinggi, kemampuan membentuk gel tinggi dalam dispersi pati, kemampuan menahan air rendah pada suhu rendah, ketahanan dispersi pati rendah terhadap asam, agitasi, suhu tinggi, dan mudah mengalami retrogradasi. Beberapa kelemahan pati alami ini akan berpengaruh terhadap karakteristik produk pangan yang dihasilkan. Untuk mengatasi kelemahan ini telah dilakukan proses modifikasi terhadap pati dan produknya dikenal dengan nama pati termodifikasi.

98

Pati termodifikasi adalah pati yang diberi perlakuan tertentu untuk menghasilkan sifat kimia dan atau fisik sehingga mempunyai karakteristik yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan mengubah struktur kimia pati secara fisik, kimia, dan enzimatis. Modifikasi secara kimia meliputi ikatan silang (cross-linking), esterifikasi, eterifikasi, hidrolisis, dan oksidasi (Fleche, 1985). Modifikasi fisika meliputi pregelatinisasi, pengeringan kembali pati, pati diekstruksi, dan mencampur beberapa jenis pati (Wurzburg, 1989). Modifikasi enzimatis yaitu modifikasi pati dengan bantuan enzim misalnya enzim α -amilase.

Teknik modifikasi dibagi dalam 3 jenis yaitu modifikasi stabilitasi, spesifik, dan sifat reologi. Modifikasi dengan stabilisasi dilakukan melalui reaksi esterifikasi dan eterifikasi. Modifikasi ini menghasilkan pati dengan tingkat retrogradasi lebih rendah dan stabilitas lebih tinggi. Modifikasi spesifik memerlukan reaksi-reaksi

seperti kationisasi, karboksimetilisa², dan oksidasi asam secara periodik (Wirakartakusumah, 1981). Modifikasi sifat reologi meliputi depolimerisasi dan ikatan silang. Proses depolimerisasi menurunkan viskositas sehingga dapat digunakan pada tingkat total padatan yang lebih tinggi. Depolimerisasi dapat dilakukan dengan cara dekstrinasi, konversi asam, dan konversi basa atau oksidasi. Teknik ikatan silang akan membentuk jembatan antara rantai molekul sehingga didapatkan jaringan makromolekul yang kaku dan kuat seperti yang disajikan pada Gambar 16.



Sumber : Santoso (2011)

Gambar 16. Struktur pati termodifikasi ikatan silang

Struktur pati termodifikasi ikatan silang (Gambar 16) terdapat dua simbol “H” dan “X”. Simbol “H” merupakan ikatan hidrogen antara molekul amilosa dengan amilosa lain dan atau amilosa dengan amilopektin. Ikatan ini bersifat sangat lemah sehingga mudah terlepas dan menyebabkan *water holding capacity* (WHC) pati rendah. Simbol “X” merupakan hasil ikatan silang dengan mereaksikan pati dengan senyawa multifungsional.⁴

Pereaksi multifungsional adalah suatu komponen yang dapat bereaksi dengan dua atau lebih unit glukosa pati dengan atau pati jenis lain seperti antar molekul pati, bahkan dengan komponen lain yang

berbeda seperti antara pati dengan komponen hidrokoloid lain misalnya selulosa. Ikatan silang yang terbentuk pada senyawa karbohidrat dengan pereaksi multifungsional umumnya merupakan ikatan ester yang menjembatani atau menghubungkan dua gugus hidroksil atau lebih unit glukosa molekul pati.

Jenis pereaksi multifungsional yang digunakan untuk reaksi ikatan silang antara lain anhidrida, sodium metafosfat, sodium tripolifosfat, sodium ortofosfat, aldehyd, epoksi, etilen, dan lain-lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah pereaksi ikatan silang yang memberikan sifat pati modifikasi yang diinginkan adalah jenis pati yang digunakan, jenis pereaksi ikatan silang, efisiensi reaksi yang dihasilkan, pereaksi ikatan silang, tingkat substitusi hidroksipropil eter dalam pati, dan sifat spesifik pati modifikasi yang diinginkan sebagai produk akhir (Wattanachant et al., 2003).

Salah satu jenis pereaksi multifungsional yang banyak digunakan dalam pembuatan pati termodifikasi ikatan silang adalah fosfor oksiklorida (POCl_3). Proses modifikasi pati metode ikatan silang (*cross-linking*) dengan menggunakan POCl_3 atau Na_2HPO_4 sering disebut dengan proses fosforilasi. POCl_3 adalah suatu fosfor dengan golongan halogenida (Cl) dan merupakan pereaksi yang efektif sehingga menghasilkan reaksi dengan cepat. Kondisi reaksi pembentukan ikatan silang antara pati dengan POCl_3 berlangsung pada suhu 20 hingga 50°C dengan pH reaksi antara 8 hingga 12. Lack *et al.* (2007) menjelaskan bahwa reaksi ikatan silang molekul pati dengan menggunakan pereaksi multifungsional POCl_3 dan sodium trimetafosfat (STMP) terjadi secara optimal pada kondisi pH basa. Lim dan Seib (1993) menambahkan di Amerika Serikat POCl_3 , natrium trimetafosfat, dan natrium tripolifosfat digunakan untuk modifikasi pati dalam makanan sesuai dengan persyaratan *Code of Federal Regulation (CFR)* 1991 dengan konsentrasi P maksimum yang diizinkan sampai sebesar 0,4%

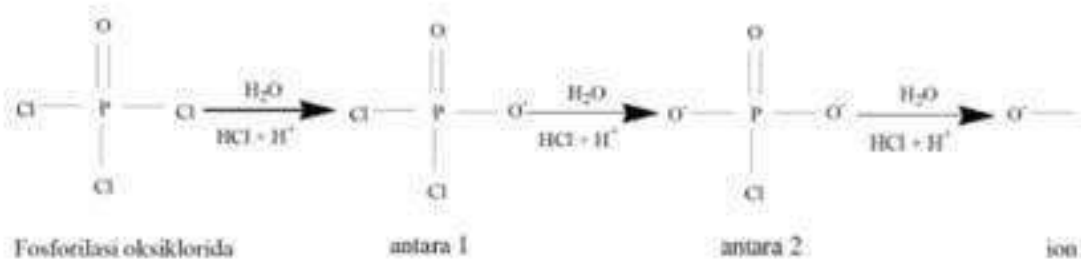
Ikatan silang ini meningkatkan ketahanan granula pati terhadap suhu tinggi, pH rendah, hidrofobik pati, stabilitas kekentalan, dan gaya gesekan tinggi (Wurzburg, 1989). Hal ini dikarenakan reaksi ikatan silang dapat memperkuat ikatan hidrogen sehingga granula pati tetap utuh dengan berbagai derajat keutuhannya walaupun dipanaskan. Woo dan Seib (1997) mengungkapkan bahwa pati termodifikasi ini dapat menimalisir kerusakan granula selama pemasakan. Hampir semua pati

hasil reaksi silang terdiri atas satu ikatan silang untuk setiap 100 sampai 3000 unit glukosa (Wurzburg, 1989).

Chuenkamol et al. (2007) menjelaskan bahwa pati termodifikasi memiliki struktur molekul lebih terbuka, lebih kuat, dan retrogradasi rendah dibanding pati non termodifikasi. Penggunaan pati termodifikasi (modified starch) sangat penting dalam membentuk matrik edible film, karena senyawa POCl_3 membentuk ikatan silang antara rantai amilosa satu dengan yang lain melalui jembatan fosfat.

Jembatan fosfat ini dapat membentuk suatu jala tiga dimensi yang berkesinambungan dan jala ini dapat memperangkap air melalui gugus OH reaktif yang tidak berikatan dengan POCl_3 . Wu et al. (2009); Manoi et al. (2010); dan Fang et al. (2008) menambahkan bahwa untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas pati dapat dilakukan dengan memodifikasi pati secara kimia dengan metode ikatan silang (*cross-linking*) dengan menggunakan agen fungsional seperti fosfor oksiklorida (POCl_3), sodium trimetaphosfat (STMP), dan sodium tripoliphosfat (STTP). Penggunaan pati yang memiliki sifat hidrofobisitas tinggi sebagai bahan baku edible film dapat menghasilkan laju transmisi uap air yang rendah.

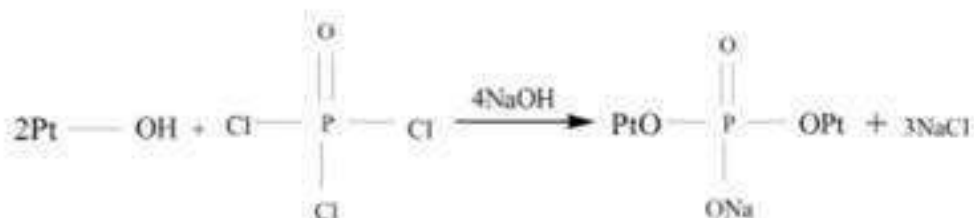
Manoi dan Rizvi (2010) menjelaskan bahwa reaksi fosforilasi pati dengan menggunakan pereaksi multifungsional POCl_3 dapat menghasilkan *monostarch phosphates* melalui metode substitusi dan *distarch phosphates* melalui metode ikatan silang (*cross-linking*). Reaksi fosforilasi tergantung pada kondisi reaksi yang meliputi konsentrasi POCl_3 , kadar amilosa, pH, waktu, dan suhu. Lim dan Seib (1993); McIntyre et al. (1990); dan Manoi dan Rizvi (2010) menambahkan bahwa pada studi P NMR terhadap pati kentang, pati talas, dan pati tepung terigu yang telah dimodifikasi dengan POCl_3 menunjukkan bahwa pati fosfat ditemukan dalam bentuk ikatan kovalen monosfosfat pada posisi C-6 D-glukosida dan proporsi minor terdapat pada posisi C-3 D-glukosida. Mekanisme pelepasan ion Cl dari POCl_3 dan reaksi fosforilasi antara pati dan POCl_3 membentuk senyawa diester seperti pada Gambar 17 dan 18.



Sumber : Mattheis, 1991

Gambar 17. Mekanisme pelepasan ion Cl

Santoso (2011) mengungkapkan bahwa kadar fosfat dalam pati gadung, ubi kayu, dan ganyong yang telah dimodifikasi dengan metode ikatan silang menggunakan POCl_3 mengalami peningkatan secara signifikan dan sebaliknya yang terjadi pada kadar pati dan amilosa (Tabel 14). Hal ini terjadi karena gugus fosfat senyawa POCl_3 berikatan dengan gugus hidroksil (OH) molekul amilosa. Pengikatan gugus fosfat terhadap gugus hidroksil (OH) ini dapat dijelaskan dua aspek yaitu fisik dan kimia.



Sumber : Rutenberg dan Solarek, 1984

Gambar 18. Reaksi fosforilasi pati dan POCl_3 membentuk senyawa diester.

Secara fisik molekul amilosa mempunyai afinitas tinggi terhadap senyawa POCl_3 karena amilosa merupakan molekul berbentuk rantai lurus dan mempunyai gugus fungsional dengan posisi lebih terbuka terutama gugus hidroksil (OH) pada atom karbon nomor 2 sehingga lebih mudah terjangkau oleh senyawa POCl_3 . Secara kimia, gugus OH molekul amilosa khususnya pada atom C nomor 2 sangat bebas dan mudah bereaksi dengan senyawa lain karena posisinya lebih terbuka dibanding gugus OH amilopektin pada posisi yang sama. Selain itu,

Tabel 14 menampilkan makin tinggi konsentrasi senyawa POCl_3 maka kadar fosfat dalam ubi kayu dan ganyong semakin meningkat secara signifikan ($\alpha=0,05$). Hal ini terjadi karena semakin banyak ion fosfat dari POCl_3 yang dapat mensubstitusi gugus OH terutama pada molekul amilosa. Namun, pati gadung yang dimodifikasi senyawa POCl_3 dengan konsentrasi 0,04% dan 0,08% meningkat tidak signifikan ($\alpha=0,05$). Hal ini diduga gugus OH dalam molekul amilosa pati gadung tidak mencukupi untuk mengikat gugus fosfat secara optimal. Hasil penelitian ini didukung oleh Blennow *et al.* (2000) dengan menggunakan *partial least square regression* (PLS) melaporkan bahwa pada pati kentang ada korelasi yang kuat ($R^2= 0.93$) antara panjang rantai pati dengan derajat fosforilasi dan semakin panjang rantai pati maka semakin banyak fosfat yang terikat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa POCl_3 maka derajat substitusi (DS) semakin tinggi (Tabel 14). Hal ini disebabkan makin banyak ion fosfat yang dapat mensubstitusi gugus OH pada molekul pati terutama pada molekul amilosa melalui reaksi ikatan silang (*cross-linking*). Selain itu, pati ubi kayu mempunyai nilai derajat substitusi lebih tinggi dibanding pati gadung dan ganyong. Hal ini terjadi karena kadar pati ubi kayu lebih tinggi dibanding kedua pati ini. Passauer *et al.* (2010) mengemukakan bahwa derajat substitusi (DS) sangat dipengaruhi oleh tipe pati dan ada korelasi yang kuat ($R^2=0.9908$) antara kandungan pati dengan derajat substitusi (DS).

Tabel 14. Karakteristik pati gadung, ubi kayu, dan ganyong setelah dimodifikasi dengan menggunakan beberapa konsentrasi senyawa POCl_3 .

Karakteristik	Sumber Pati											
	Gadung				Ubi Kayu				Ganyong			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Kadar Air (%)	13,22 ^a	14,13 ^b	14,40 ^b	14,46 ^b	12,76 ^a	13,16 ^b	13,77 ^c	14,83 ^c	11,68 ^a	12,02 ^a	12,61 ^b	13,07 ^b
Kadar Pati (%)	38,80 ^a	36,05 ^b	35,05 ^c	34,54 ^c	43,21 ^a	41,43 ^b	39,18 ^c	36,43 ^d	41,35 ^a	39,36 ^b	37,35 ^c	35,87 ^d
Kadar Amilosa (%)	12,42 ^a	6,65 ^b	5,80 ^b	3,76 ^c	8,92 ^a	7,38 ^b	6,68 ^{bc}	5,74 ^c	17,59 ^a	15,16 ^b	13,93 ^c	10,85 ^d
Kadar fosfat (ppm)	9,54 ^a	15,53 ^b	16,28 ^b	19,15 ^c	22,25 ^a	24,84 ^b	27,76 ^c	28,90 ^d	15,74 ^a	19,82 ^b	23,47 ^c	26,47 ^d
Derajat Substitusi (DS) 10^{-4}	0,50 ^a	0,81 ^b	0,85 ^b	1,00 ^c	1,16 ^a	1,30 ^b	1,45 ^c	1,51 ^d	0,82 ^a	1,03 ^b	1,23 ^c	1,38 ^d
Kadar HCN (ppm)	210,66 ^a	89,67 ^b	59,94 ^c	29,77 ^d	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : San¹⁴⁶ (2011)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf 5% pada sumber pati yang sama.

A = konsentrasi POCl_3 0% (sebelum dimodifikasi)

B = konsentrasi POCl_3 0,04%

C = konsentrasi POCl_3 0,08%

D = konsentrasi POCl_3 0,12%

Wurzburg (1989) menjelaskan bahwa derajat substitusi (DS) adalah jumlah rata-rata tapak (*sites*) pada setiap unit anhidroglukosa yang terdapat gugus substitusi. Jika satu gugus hidroksil pada setiap unit anhidroglukosa sudah diesterifikasi oleh gugus asetil, maka DS=1. Jika tiga gugus hidroksil pada setiap unit anhidroglukosa sudah diesterifikasi seluruhnya oleh gugus asetil, maka DS=3. Tomasik dan Schilling (2004) menambahkan *distarch phosphate* dengan kadar fosfat kurang dari 0,04% atau derajat substitusi kurang dari 0,21 merupakan pati termodifikasi ikatan silang (*cross-linking*). Formasi *distarch phosphate* merupakan reaksi yang paling penting untuk menyiapkan pati termodifikasi sebagai bahan pangan (Lim dan Seib, 1993). Beberapa hasil penelitian yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa pati gadung, ubi kayu, dan ganyong termodifikasi merupakan golongan *distarch phosphate* yang dibentuk dengan reaksi ikatan silang (*cross-linking*) dengan nilai DS kurang dari 0,21.

Kadar air dalam pati gadung, ubi kayu, dan ganyong secara statistik mengalami peningkatan secara signifikan ($\alpha=0,05$) setelah dimodifikasi (Tabel 14). Namun peningkatan kadar air dalam ketiga pati tersebut sangat kecil. Dengan demikian peningkatan kadar air pati setelah dimodifikasi dapat diabaikan atau dapat dikatakan kadar air pati tersebut tidak mengalami perubahan setelah proses modifikasi.

Peningkatan konsentrasi senyawa $POCl_3$ menyebabkan penurunan kandungan HCN pati gadung secara signifikan dan semakin tinggi konsentrasi senyawa $POCl_3$ kadar HCN semakin rendah (Tabel 14). Penurunan kadar HCN pati gadung yang telah dimodifikasi khususnya dengan menggunakan konsentrasi $POCl_3$ 0,12% yaitu sebesar 29,77 ppm atau 0,2977 mg per 1 kg aman untuk dikonsumsi manusia. Penambahan $POCl_3$ 0,12% dalam pati gadung pada proses modifikasi terjadi penurunan pH suspensi secara drastis 10,26 menjadi 1,98. Penguraian senyawa $POCl_3$ menghasilkan ion P^+ dan OCl^- . Ion P^+ cenderung bersifat asam sehingga semakin tinggi jumlah $POCl_3$ maka pH suspensi pati semakin turun. Hal ini mengakibatkan penambahan NaOH akan semakin banyak untuk meningkatkan pH suspensi pati menjadi 10,5 atau kondisi alkali. Dengan semakin banyak NaOH yang ditambahkan maka semakin banyak pula NaOH yang dapat bereaksi

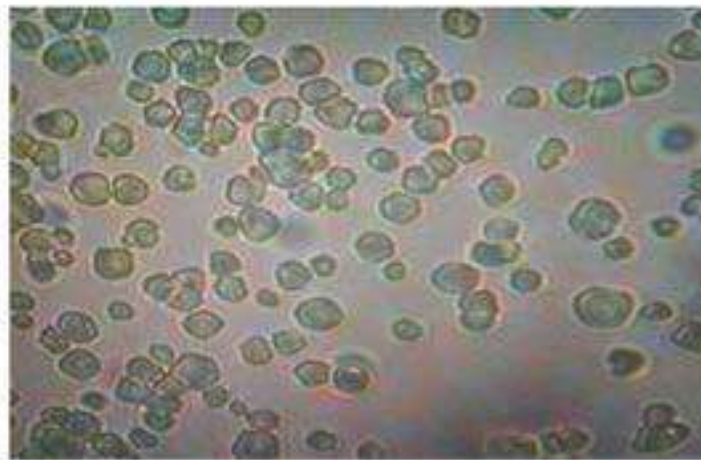
dengan HCN yang menghasilkan NaCN dan H₂O, sehingga kadar HCN akan turun.



Sumber : Santoso (2011)

Gambar 19. Bentuk granula pati ganyong dengan perbesaran 1000x

Bentuk dan ukuran granula pati gadung, ubi kayu, dan umbi ganyong tidak mengalami perubahan setelah dimodifikasi ikatan silang. Bentuk granula pati ganyong, gadung, dan ubi kayu sebelum dan setelah dimodifikasi seperti pada Gambar 19, 20, dan 21.



Sumber : Santoso (2011)

Gambar 20. Bentuk granula pati gadung dengan perbesaran 1000x



Sumber : Santoso (2011)

Gambar 21. Bentuk granula pati ubi kayu dengan perbesaran 1000x

Santoso (2011) melaporkan pati ubi kayu dan gadung termodifikasi ikatan silang dengan menggunakan POCl_3 tidak dapat membentuk *edible film* yang sempurna sedangkan pati ganyong sebaliknya. Hal ini berkaitan dengan jumlah molekul amilosa yang tersedia dalam masing-masing pati setelah proses modifikasi. Telah diketahui bahwa jumlah molekul amilosa baik pati ubi kayu, gadung, dan ganyong mengalami penurunan setelah proses modifikasi. Penjelasan lebih rinci akan dijelaskan pada bab V tentang teknologi pengolahan *edible film*.

4.3. Protein

Protein merupakan salah satu bahan biopolimer kateologi hidrokoloid seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Beberapa sumber protein dari hewani maupun¹⁶⁵ bati yang dimanfaatkan sebagai bahan baku *edible film* antara lain *corn zein, wheat zein, soy protein, peanut protein, keratin, collagen, gelatin, casein, milk whey protein*, dan protein ikan.¹⁵ Protein *corn-zein* diinkorporasi dengan plastik polipropilen yang menghasilkan *edible film* dengan laju transmisi uap air rendah (Tihminlioglu *et al.*, 2010). Whey protein isolat film antimikrobia dan soy protein isolat (Zinoviadou *et al.*, 2010; Schmidt *et al.*, 2005). Pengaruh kandungan asam amino prolamin terhadap sifat mekanik dari film protein gluten (Mangavel *et al.*, 2002).

Santoso (2011) mengungkapkan bahwa protein yang berasal dari belut sawah (protein jenis ikan) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *edible film*. Pembahasan teknologi pengolahan dan karakteristik *edible film* yang dihasilkan akan dibahas secara detail pada Bab V dalam buku ini. Diketahui bahwa protein ikan berdasarkan kelarutannya dibagi tiga, yaitu: sarkoplasma, miofibril, dan stroma atau protein jaringan ikat. Secara umum komposisi protein ikan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Komposisi protein ikan.

Fraksi Protein	Jumlah
Miofibril	65 – 75 %
Sarkoplasma	20 – 30 %
Stroma	1 -3 %

Sumber : Nakai dan Modler (1999).

Protein miofibril merupakan bagian terbesar dalam jaringan ikan yang memiliki peranan penting terhadap struktur daging. Protein ini saling berhubungan satu sama lain dengan komponen non protein. Keduanya berhubungan secara kimiawi dan fisik untuk menghasilkan karakteristik produk yang diinginkan. Penyusun terbesar protein miofibril adalah miosin, sebesar 50% -60% kemudian diikuti aktin, sebesar 20%. Protein ini mempunyai dua bentuk yaitu globular (G-aktin) dan fibrous (F-aktin). Miosin berikatan dengan aktin membentuk aktomiosin. Protein miofibril sangat berperan dalam pembentukan gel, terutama dari fraksi aktomiosin.

Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa miofibril sangat menentukan karakteristik *edible film* berbasis protein, namun pendapat para peneliti ada sedikit perbedaan mengenai sifat *edible film* yang dihasilkan. Menurut Artham *et al.* (2008); Hamaguchi *et al.* (2007); dan Nayak *et al.* (2008) *edible film* berbasis protein ikan yaitu protein miofibriler maupun sarkoplasma pada umumnya mempunyai sifat mekanik yang lebih baik terutama sifat fleksibilitas dan menurut Limpan *et al.* (2010), *edible film* yang dihasilkan dari protein ikan atau protein myofibriler bersifat rapuh yang disebabkan oleh ikatan kovalen khususnya ikatan disulfida, inilah yang menyebabkan jelek protein ini jarang digunakan. Namun dari kedua hasil penelitian Gounga *et al.*,

(2007); Cuq *et al.* (1995) menambahkan untuk mengurangi sifat rapuh atau kaku film protein ini dapat digunakan *plastisizer* yang bersifat hidrofilik, berat molekul rendah, dan tidak bersifat volatil. *Plastisizer* digunakan untuk mengurangi interaksi antar protein sehingga dapat menurunkan kuat tarik dan laju transmisi uap air. Santoso *et al.* (2019) memanfaatkan protein belut sawah dengan kandungan jenis protein miofibril yang diinkorporasikan dengan pati termodifikasi menghasilkan *edible film* dengan elastisitas yang baik bahkan penambahan konsentrasi protein belut sawah berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan nilai elastisitas *edible film*.

Adapun faktor yang mempengaruhi pembentukan *edible film* berbasis protein yaitu jenis asam amino dan pH titik isoelektrik (Prodpran *et al.*, 2007; Pascholick *et al.*, 2003; dan Iwata *et al.*, 2000). Were *et al.* (1999) menambahkan bahwa asam amino yang mengandung sulfur sangat berperan dalam pembentuk *edible film* melalui ikatan disulfida. Poeloengasih dan Marseno (2003) menambahkan bahwa selain ikatan disulfida, ikatan hidrogen, dan interaksi hidrofobik juga menentukan sifat *film* terutama pada asam amino yang bersifat hidrofobik, seperti alanin, valin, leusin, triptofan, dan fenilalanin.

4.4. Lipida

Lipida merupakan bahan biopolimer *edible film* dengan fungsi utama menahan laju transmisi uap air dan memberikan kilap pada produk pangan yang dikemas. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa bahan biopolimer lipida tidak bisa digunakan secara tunggal sebagai bahan baku *edible film* karena bahan ini bersifat kaku dan mudah retak serta memiliki barrier rendah terhadap gas oksigen, untuk itu formulasi *edible film* sebagian peneliti menambahkan *acetylated monoglycerides* agar *film* yang dihasilkan lebih lentur. Pada umumnya *film* lipida digunakan untuk *coating* buah-buahan dan sayur-sayuran dengan tujuan untuk mengurangi reaksi respirasi dan kehilangan kadar air.

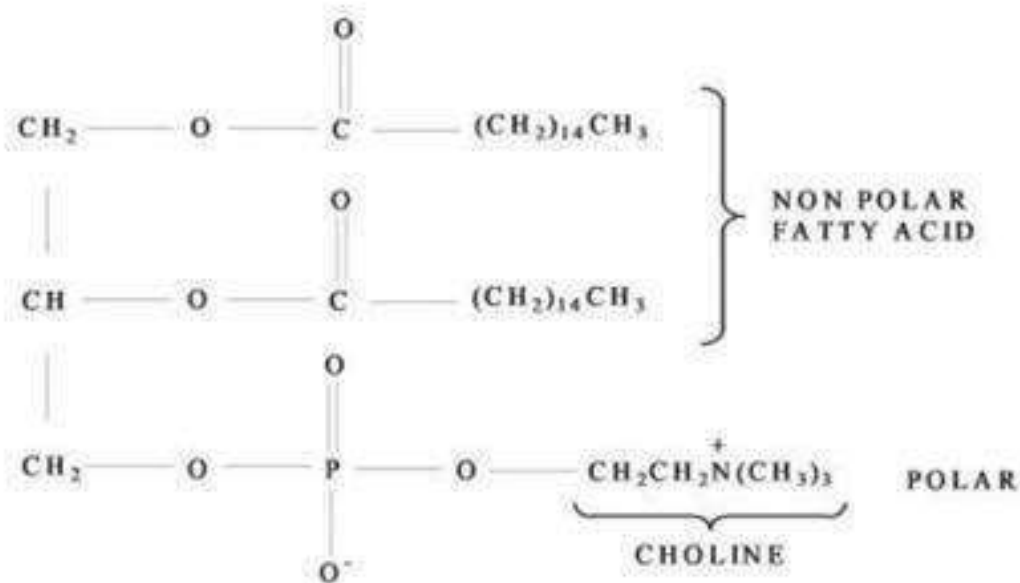
Beberapa jenis lipida telah digunakan sebagai bahan *edible film* antara lain asam palmitat, asam stearat, lilin lebah, minyak sawit, dan asam-asam lemak organik lainnya. Biopolimer lipida lain yang sering digunakan dan mempunyai fungsi ganda dalam *edible film* seperti asam

sorbit, minyak sawit merah, dan ekstrak bubuk gambir. Fungsi ganda yang dimaksud adalah selain berfungsi sebagai penahan laju transmisi uap air, bahan ini juga bertindak sebagai antioksidan maupun antimikrobia. Diketahui bahwa asam sorbat merupakan golongan asam lemak organik yang bersifat antimikrobia, minyak sawit merah mengandung senyawa bersifat antioksidan, dan ekstrak bubuk gambir mengandung senyawa katekin bersifat antioksidan dan antibakteri.

Karakteristik *edible film* berbasis biopolimer lipida dipengaruhi oleh jenis lipida dan *emulsifier*. Lipida dengan asam lemak jenuh tinggi yang berbentuk padat pada suhu kamar mempunyai efek yang kurang baik terhadap karakteristik *edible film* karena asam lemak ini sulit untuk terdispersi secara merata dan terbentuk gumpalan pada saat *edible film* dikeringkan. Penggunaan asam lemak tidak jenuh yang notabennya berwujud cair pada suhu kamar lebih mudah terdispersi secara merata. Selain itu, penggunaan komponen lipida sangat ditentukan juga oleh jenis *emulsifier* berdasarkan nilai *hydrophilic lipophilic balance* (HLB).

4.5. Komposit

Komposit merupakan bahan biopolimer hidrokoloid yang digabung dengan lipida untuk membentuk *edible film*. Karakteristik fisik dan kimia *edible film* komposit lebih unggul lebih dibanding *edible film* hidrokoloid ataupun lipida. Telah diketahui bahwa *edible film* hidrokoloid memiliki keunggulan yaitu sifat kohesif terhadap bahan yang dikemas sangat baik, lebih fleksibel, namun kelemahannya memiliki laju transmisi uap air tinggi. *Edible film* lipida memiliki keunggulan laju transmisi uap air rendah, namun kaku dan mudah retak.



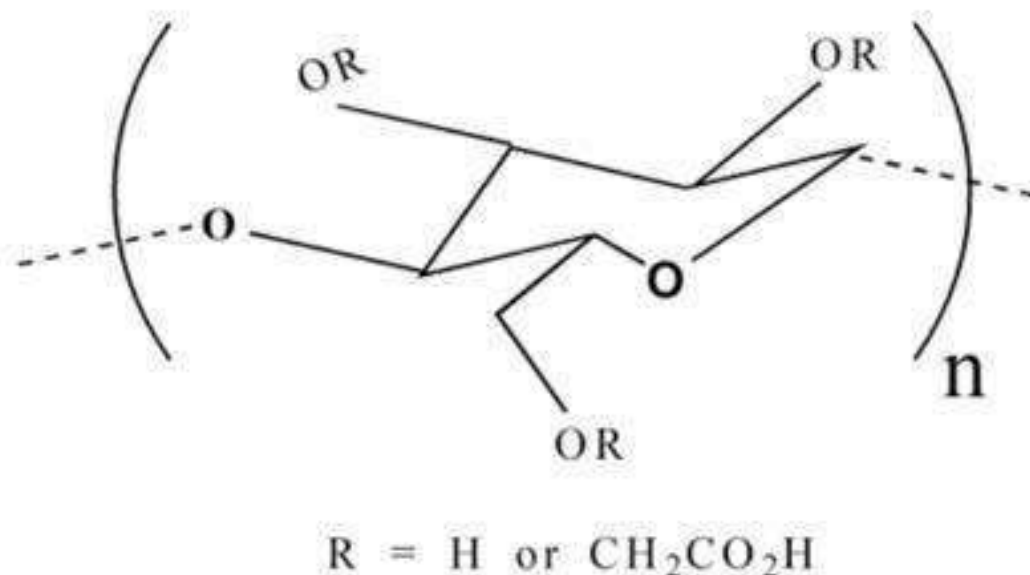
Sumber : Codex Alimentarius, 2009

Gambar 22 . Struktur kimia lesitin (fosfotidilkolin)

Proses pembentukan *edible film* komposit membutuhkan *emulsifier*, karena penggabungan dua komponen yang berbeda sifat dimana hidrokoloid dan lipida masing-masing bersifat hidrofilik dan hidrofobik. Beberapa *emulsifier* yang sering digunakan antara lain CMC, lesitin, *Tween 80*, monogliserida, dan digliserida. Pemilihan jenis *emulsifier* ditentukan dari proporsi komponen hidrofilik dengan hidropobik dalam formulasi *edible film* yang dikaitkan dengan nilai HLB (*hydrophilic lipophilic balance*) *emulsifier*. Clements (2005) semakin rendah nilai *hydrophile-lipophile balance* (HLB) suatu emulsifier maka sifatnya lebih ke arah hidropobik. Nilai HLB 10-18 lebih cenderung ke arah hidrofilik dan kurang dari 10 bersifat hidropobik. *Tween 80* dengan HLB 15,4 lebih sinergis dengan gliserol dibanding lesitin (HLB 8) dalam pembentuk matrik *film* (Rodriguez *et al.*, 2006). The *et al.* (2009) melaporkan bahwa untuk menghasilkan *edible film* laju transmisi uap air rendah sebaiknya menggunakan *emulsifier* dengan rasio hidrofilik/hidropobik lebih dari 1:1.

Lesitin dan CMC berfungsi sebagai *emulsifier* atau pengikat atau jembatan antara komponen hidrofilik dan hidropobik untuk membentuk

matrik *edible film* yang homogen. Lesitin merupakan *emulsifier* yang mempunyai dua asam lemak non polar dan satu polar, sehingga molekul lesitin lebih bersifat non polar (hidropobik). Struktur molekul lesitin seperti yang disajikan pada Gambar 22.



Sumber: Codex Alimentarius, 2009.

Gambar 23. *Carboxymethyl cellulose* (CMC)

CMC adalah turunan dari selulosa yang mempunyai ikatan *carboxilmethyl* yang berikatan dengan gugus hidroksil dari monomer-monomer *glucopyranose* (Codex Alimentarius, 2009). Togrul dan Arslan (2004) menjelaskan bahwa CMC adalah molekul berantai lurus dengan ikatan $\beta(1-4)$ glukopiranososa yang mengandung polisakarida bersifat hidropobik pada kerangka belakang dan mengandung hidrofilik pada gugus hidroksil, sehingga CMC tergolong senyawa yang bersifat *amphiphilic*. *Emulsifier* CMC lebih bersifat hidrofilik karena CMC adalah karboksimetil selulosa yang merupakan turunan dari selulosa yang mengandung gugus karboksilmetil pada salah satu gugus hidroksilnya (OH). Struktur molekul CMC seperti yang disajikan pada Gambar 23.

CMC dapat bereaksi dengan gula, pati, dan hidrokoloid lainnya. Selain itu, CMC membantu melarutkan protein dalam bahan pangan

seperti gelatin, kasein, dan protein kedelai. CMC jarang digunakan sebagai bahan dasar tunggal dalam pembentukan *edible film*. Tetapi kemampuannya untuk membentuk film yang kuat dan tahan minyak sangat baik untuk diaplikasikan. Beberapa *plasticizer* yang terbukti efektif untuk meningkatkan sifat plastis film CMC adalah gliserol, poliglikol, dan propilen (Kroetha *et al.*, 1994).

4.6. *Plasticizer*

Plasticizer merupakan komponen pembentuk *edible film* yang memiliki peranan besar. *Plasticizer* adalah suatu substansi non-volatil, bahan organik dengan berat molekul rendah, memiliki titik didih yang tinggi apabila ditambahkan dengan material lain dapat merubah sifat fisik material tersebut. Beberapa jenis *plasticizer* antara lain gliserol, sorbitol, polivinil alkohol, dan Polietilen glikol, namun yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah gliserol dan sorbitol. Gliserol adalah salah satu *plasticizer* yang memiliki titik didih tinggi, larut air, non-volatil, polar, dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol memiliki berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein, dan dapat menyusun ikatan hidrogen menggunakan gugus reaktif protein. Sorbitol merupakan salah satu golongan polioliol, selain gliserol dan manitol. Sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kelebihan mampu mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler sehingga baik untuk menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga mempermudah gerakan molekul polimer, tersedia dalam jumlah banyak, harganya murah dan bersifat non toksik (Astuti, 2011).

Penambahan *plasticizer* berfungsi untuk memperlemah kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas polimer. *Plasticizer* memiliki berat molekul rendah, sehingga *plasticizer* dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida yang berpengaruh pada peningkatan kemampuan pembentukan dan fleksibilitas film (Bergo dan Sobral, 2007). Gliserol dapat mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas dari film (Oses *et al.*, 2009). Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* pada hidrofilik film, seperti pektin, gelatin, pati, dan pati termodifikasi maupun pada pembuatan *edible film* berbasis protein. Penambahan gliserol akan

menghasilkan *film* yang lebih fleksibel dan halus. Selain itu gliserol dapat meningkatkan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut (Gontard *et al.*, 1993).

4.7. Bahan Tambahan

187

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa bahan pembentuk *edible film* terdiri tiga kategori, yaitu: hidrokoloid, lipida, dan komposit. Seiring dengan perkembangan penelitian, fungsi *edible film* ditingkatkan, yang semula hanya menghambat faktor eksternal perusak bahan pangan seperti *barrieres* terhadap gas dan uap air, saat ini telah bergeser kearah fungsional. Untuk itu, beberapa bahan tambahan yang telah dimanfaatkan dalam formulasi *edible film* khususnya senyawa yang bersifat antibakteri dan antioksidan baik yang berasal dari sintetis maupun alami.

Baldwin *et al.* (1995); dan Gennadios dan Weller (1990) mengungkapkan *edible film* dapat ditambahkan bahan pengawet guna menekan pertumbuhan kapang¹⁴ dan bakteri selama penyimpanan. Senyawa antimikrobia yang digunakan adalah asam benzoat, asam sorbat, dan asam propionat. Selain itu, *edible film* dapat ditambahkan bahan yang bersifat antioksidan untuk mencegah oksidatif rancidity degradation²²⁵ discoloration, antara lain asam askorbat, asam sitrat, tokoferol, *Butylated hydroxyanisole* (BHA), dan *Butylated hydroxytoluene* (BHT).

Penelitian Mawarwati *et al.* (2001) *edible film* gandum yang diinkorporasikan dengan asam askorbat dapat memperlambat perubahan warna coklat akibat proses oksidasi pada buah apel. Redl *et al.* (2004) melaporkan bahwa penambahan asam sorbet dalam *edible film* komposit gluten tepung terigu dengan *beeswax* terbukti menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Selanjutnya Dawson *et al.* (1998) menjelaskan penggunaan dalam nisin yang *edible film* pati jagung dapat menghambat pertumbuhan *Listeria plantarum* tetapi penambahan *ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA) yang berlebih dapat menyebabkan *film* berlubang dan berpori-pori. Dawson *et al.* (2003) juga menambahkan bahwa penggunaan asam laurat dan nisin dalam *film* komposit berbasis kedelai dapat meningkatkan umur simpan produk daging sapi dan ayam melalui menghambat

pertumbuhan *Listeria monocytogenes*. Selain *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteridis* juga dapat dihambat pertumbuhannya oleh *corn zein film* yang telah diinkorporasi dengan nisin, asam laurat dan EDTA Hoffman *et al.* (2001). *Corn zein film* yang diaplikasikan sebagai pengemas produk daging dapat mencegah terjadinya proses oksidasi, namun pengaruh pencegahannya rendah. Penambahan asam palmitat dan stearat dalam *corn zein film* tidak berpengaruh terhadap pencegahan proses oksidasi (Kimner *et al.*, 1999).

Pertumbuhan jamur pada lempok durian dapat dihambat dengan penggunaan bahan pengemas *edible film* berbasis tapioka yang telah ditambahkan di dalamnya asam sorbat (Santoso *et al.*, 2007). Menurut Coma *et al.* (2001) penggabungan nisin dengan asam stearate yang ditambahkan dalam *edible film* komposit *hydroxypropyl methylcellulose* (HPMC) terbukti menghambat pertumbuhan *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus*. Pencampuran asam askorbat dalam formulasi *edible film* komposit kolang kaling dan lilin lebah menekan laju reaksi oksidasi lempok durian (Santoso *et al.*, 2007). Ku *et al.* (2008) melaporkan bahwa *edible film* berbahan dasar *Gelidium corneum* (GC) yang diinkorporasi dengan katekin sebesar 150 mg lalu diaplikasikan pada sosis dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, sebesar 1,93 log CFU/g dan *Listeria monocytogenes*, sebesar 1,44 log CFU/g. Penambahan TiO₂ dalam *edible film whey protein isolate* secara signifikan menghambat aktivitas mikrobia terutama mikrobia patogen pada bahan pangan, seperti *E. coli* (Zhou *et al.*, 2009).

Cao-Hoang *et al.* (2010) melakukan penambahan nisin dalam *sodium caseinate film* dan film yang dihasilkan mampu menghambat pertumbuhan *L. innocua* sebesar 1.1 log CFU/g. Nisin juga digunakan sebagai senyawa antimikrobia dalam film selulosa dan alginat dimana masing-masing dapat menghambat pertumbuhan *L. monocytogenes* 3.3 log CFU/g dan *Staphylococcus aureus* (Nguyen *et al.*, 2008 dan Millette *et al.*, 2007). Shen *et al.* (2010) dan Silveira *et al.* (2007) masing-masing menambahkan potasium sorbat dan asam sorbat dalam *edible film* pati kentang yang dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus spp.*

Selain penggunaan senyawa sintesis pada saat ini penggunaan senyawa antimikrobia dalam *edible film* sudah mulai menggunakan senyawa antimikrobia alami. Xing *et al.* (2011) dan Gonzalez *et al.*

(2010) berturut-turut melakukan penelitian *edible film* berbahan baku citosan yang diinkorporasikan dengan *cinnamon oil* dan minyak batang *tea* sebagai senyawa antimikrobia. Penggunaan minyak bawang putih sebagai senyawa antimikrobia dalam *film whey* protein dengan konsentrasi 4% dapat menghambat *Staphylococcus aureus* (Seydim dan Sarikus, 2006).

DAFTAR PUSTAKA

Abner, L., dan Miftahorrahman, 2002. Keragaman Industri Sagu di Indonesia. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 8(1). <http://perkebunan.litbang.deptan.go.id>.

60
Alam, N, dan Saleh, S.M, 2009. Karakteristik pati dari batang pohon aren pada berbagai fase pertumbuhan. *Jurnal Agroland*, 16(3): 199-205.

124
Ahmad, F.B. and Williams, P.A. 1998. Rheological Properties of Sago Starch. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 46(10): 4060-4065.

23
Artharn, A., Benjakul, S., and Prodpran. 2008. The effect of myofibrillar/sarcoplasmic protein ratio on the properties of round scad muscle protein based film. *Eur. Food Res. Technol.* 227: 215-222.

42
Astuti, A.W. 2011. Pembuatan Edible Film dari Semirefine Carrageenan (Kajian Konsentrasi Tepung SRC dan Sorbitol). Skripsi. UPN JaTim. Jawa Timur.

23
Bergo, P dan Sobral, P.J.A. 2007. Effect of plasticizer on physical properties of pigskin gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 21(8): 1285-1289.

127
Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., and Baker. 1995. Use of Edible Coating to Preserve Quality of Lightly (and Slightly) Processed Product. *J. Critical Review in Food Sci. and Nutr.* 35(6): 509-524.

172
Blennow, A., Engelsen, S.B., Munck, L., and Moller, B.L. 2000. Starch molecular structure and phosphorylation investigated by a combined chromatographic and chemometric approach. *Carbohydr. Polym.* 41: 163-174.

28
Chaplin, M. 2002. Starch. (<http://www.sbu.ac.uk>, diakses 25 Maret 2003).

139

National Starch and Chemical Company. 1995. Food starch technology. New Jersey.

23

Nayak, P., Sasmal, A., Nanda, P.K., Nayak, P.L., Kim, J., and Chang, Y.W. 2008. Preparation and characterization of edible film based on soy protein isolate-fatty acid blends. *Polym. Plastics Technol and Eng.* 47:466-472.

38

Nguyen, V.T., Gidley, M.J., and Dykes, G.A. 2008. Potential of a nisin-containing bacterial cellulose film to inhibit *Listeria monocytogenes* on processed meats. *Food Microb.* 25: 471-478.

161

Oses J, Fernandez-Pan I, Mendoza M, Mate JI. 2009. Stability of the mechanical properties of edible films based on whey protein isolate during storage at different relative humidity. *Food Hydrocolloids.* 23(1): 125-131.

159

Pambayun, R. 2008. Kiat sukses teknologi pengolahan umbi gadung. Penerbit Ardana Media, Yogyakarta.

136

Passauer, L., Bender, H., and Fischer, S. 2010. Synthesis and characterization of starch phosphates. *Carbohydr. Polym.* 82: 809-814.

16

Pascholick, T.M., Garcia, F.T., Sobral, P.J.A., and Habitante, A.M.Q.B., 2003. Characterization of some functional properties of edible films based on muscle proteins of Nile Tilapia. *Food Hydrocolloids.* 17: 419-427.

25

Poeloengasih, C.D. dan Marseno, D.W. 2003. Karakterisasi Edible Film Komposit Protein Biji Kecapir dan Tapioka. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan.* 14(3): 224-227.

Prodpran, T., Benjakul, S., and Arthan, A., 2007. Properties and microstructure of protein based film from round scad (*Decapterus maruadsi*) muscle as affected by palm oil and chitosan incorporation. *International J. Bio Macromolecules.* 41: 605-614.

Redl, A., Guillard.V., Issouppov., Guilbert. S, and Gontard, N. 2004. Diffusion-Controlled Delivery of Sorbic Acid and Its Effect a Gainst Microbial Growth in Composite Food with Protective Coating. *J. Food Sci.* 61(1) : 116-120.

- 121
Wirakartakusumah, M. A. 1981. Kinetic of starch gelatinization and water absorption in rice. Unpublished Ph.D. Thesis. Department of Food Science University of Wisconsin. Medison.
- 86
Woo, K and Seib, P.A. 1997. Cross-linking of wheat starch and hydroxypropylated tapioca starch in alkaline slurry with sodium trimetaphosphate. *Carbohyd. Polym.* 33: 263-271.
- 46
Wu, Y., Geng, F., Chang, P.R., Yu, J., and Ma, X. 2009. Effect of agar on the microstructure and performance of potato starch film. *Carbohyd. Polym.* 76: 299-304.
- 117
Wurzburg, O.B. 1989. Modified starch, properties, and uses. Boca Raton, Florida: CRC Pr.
- 129
Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu., Y., and Tang., Y. 2011. Effect of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chem.* 124: 1443-1450.
- Zinoviadou, K.G., Koutsoumanis, K.P., and Biliaderis, C.G. 2010. Physical and thermo-mechanical properties of whey protein isolate films containing antimicrobial, and their effect against spoilage flora of fresh beef. *Food Hydrocolloid.* 24: 49-59.
- 113
Zhou, J, Shi, L, and Gunasekaran, S. 2009. Development of Antimicrobial and UV-block Edible Film Incorporated with TiO2 Nanoparticle. NSTI Nanotech, University of Wisconsin Madison, US.

BAB V

TEKNOLOGI PEMBUATAN *EDIBLE FILM*

Telah ketahu bahwa teknologi pembuatan *edible film* pada awal hanya menggunakan tiga kategori bahan, yaitu: hidrokoloid, lipida, dan komposit, namun sering dengan berkembangnya penelitian maka *edible film* tidak hanya terpaku pada 3 kategori bahan tersebut tapi terus dikembangkan baik penggunaan bahan lain seperti bahan-bahan fungsional baik sumber alami maupun sintetis. Dalam pengembangan teknologi *edible film* terdiri atas 3 aspek, yaitu: 1) eksplorasi bahan baku dan senyawa fungsional, 2) teknologi proses pembuatan, dan 3) aplikasi *edible film* pada produk pangan. Eksplorasi bahan baku dan senyawa fungsional ditujukan pada pemanfaatan bahan lokal. Sebagian besar bahan baku yang digunakan di Indonesia kategori hidrokoloid seperti pati dari umbi-umbian yang secara ekonomis belum banyak dimanfaatkan sedangkan sumber senyawa fungsional sering digunakan berasal dari tumbuhan seperti gambir, minyak sawit merah, rempah-rempah dan lain sebagainya.

Teknologi proses pembuatan *edible film* ditujukan untuk menghasilkan *edible film* yang bersifat unggul secara mekanis maupun fungsional sebagai bahan pengemas pangan sehingga berfungsi untuk mempertahankan kualitas dan meningkatkan umur simpan produk. Aplikasi *edible film* sebagai pengemas pangan selain mempertahankan kualitas dan meningkatkan umur simpan produk pangan tetapi juga untuk mempercantik penampilan produk dan kenyamanan konsumen dalam mengkonsumsi produk tersebut.

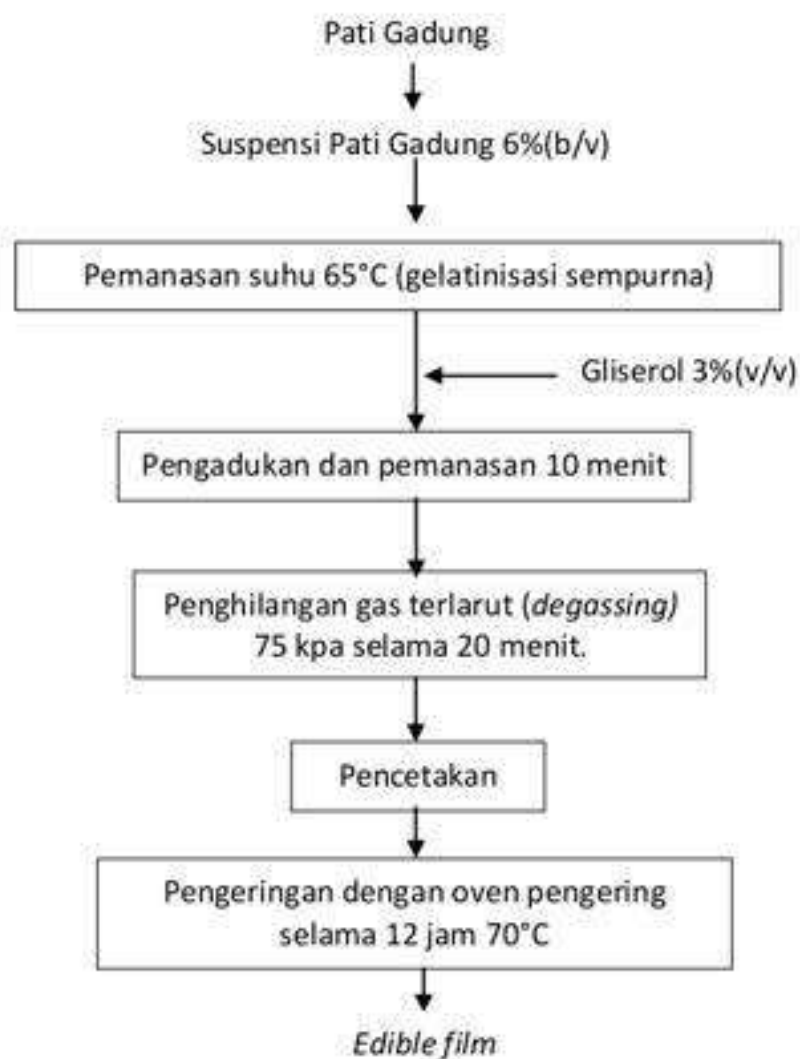
Bahan pembentuk *edible film* merupakan faktor utama yang mempengaruhi karakteristik matrik *edible film* yang dihasilkan. Matrik diibaratkan kerangka atau tulang, makin kuat kerangka ini maka *edible film* makin kuat. Untuk *edible film* berbasis pati, keseimbangan jumlah molekul amilosa dan amilopektin merupakan faktor utama penentu kekuatan matrik, molekul amilosa bersifat kaku atau kurang elastis, tebal, rapat sedangkan amilopektin bersifat elastis dengan laju transmisi uap air tinggi. Namun, pati yang memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang relatif seimbang secara alami sangat jarang dijumpai. Untuk itu, beberapa penelitian menggunakan berbagai macam metode seperti modifikasi bahan baku dan penambahan bahan lain seperti *plastisizer*, *emulsifier*, bahan aktif baik alami maupun sintetis dengan tujuan untuk mendapatkan *edible film* dengan karakteristik yang lebih ideal.

Dalam bab ini akan difokuskan pada teknologi pembuatan *edible film* berbasis pati lokal Indonesia terkhusus berasal dari umbi-umbian seperti

gadung, ubi kayu, ganyong, sagu dan lainnya. Selain itu juga akan membahas penggunaan senyawa-senyawa fungsional alami sebagai bahan pembentuk *edible film* fungsional. Secara umum teknik formulasi pembuatan *edible film* berbasis pati terdiri atas beberapa tahap: 1) pembentukan suspensi pati, 2) pencampuran larutan pembentuk film yaitu suspensi pati, gliserol, *emulsifier*, dan hidropobik, 3) pemanasan larutan pembentuk film, 4) penghilangan gas terlarut, 5) pencetakan dan perataan *film*, 6) pengeringan, 7) pendinginan, 8) pelepasan *film* dari cetakan, dan 9) penyimpanan *edible film* dari desikator.

5.1. Edible film pati gadung

Proses pembuatan *edible film* menggunakan bahan pati gadung seperti yang disajikan pada Gambar 24. Pati gadung dengan konsentrasi 4%(b/v) tidak dapat membentuk *edible film*, namun konsentrasi 6% (b/v) sebaliknya tetapi terjadi keretakan atau pecah setelah penyimpanan selama 4 hari. Keretakan *edible film* ini berkaitan dengan ukuran granula dan jumlah amilosa dalam pati gadung. Untuk membentuk matrik *edible film* yang kuat, rapat, dan stabil selama penyimpanan diperlukan ukuran granula dan jumlah amilosa yang dapat menahan penguapan air yang terjadi akibat perbedaan antara kelembaban film dengan lingkungan. Gennadios dan Weller (1990) menjelaskan bahwa *edible film* dibentuk dari interaksi antar rantai molekul polimer. Penambahan air atau *plasticizer* lain akan mempercepat terjadinya interaksi antar molekul tersebut dalam membentuk ikatan-ikatan silang yang merupakan matriks tiga dimensi antar rantai amilosa dengan amilosa lain serta antar amilosa dengan granula pati.



Sumber: Santoso, 2011

Gambar 24. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* berbasis pati gadung

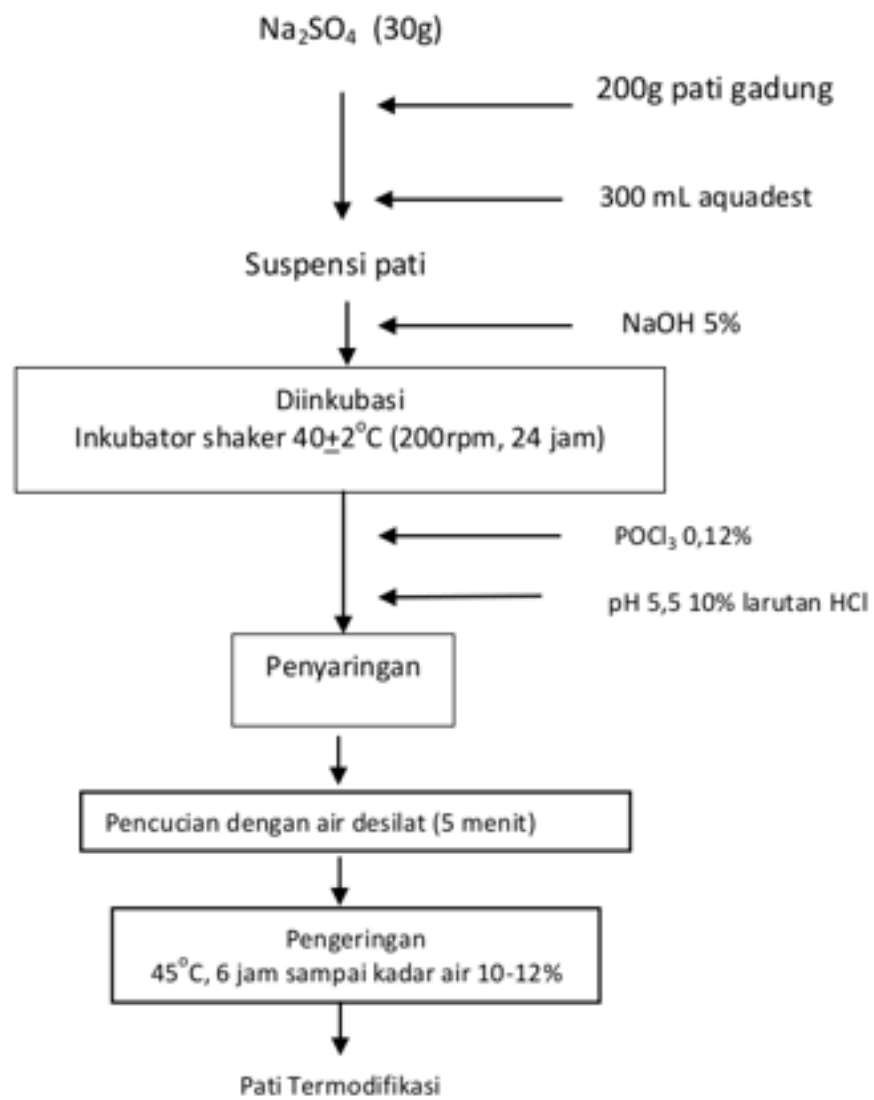


Sumber : Santoso (2011)

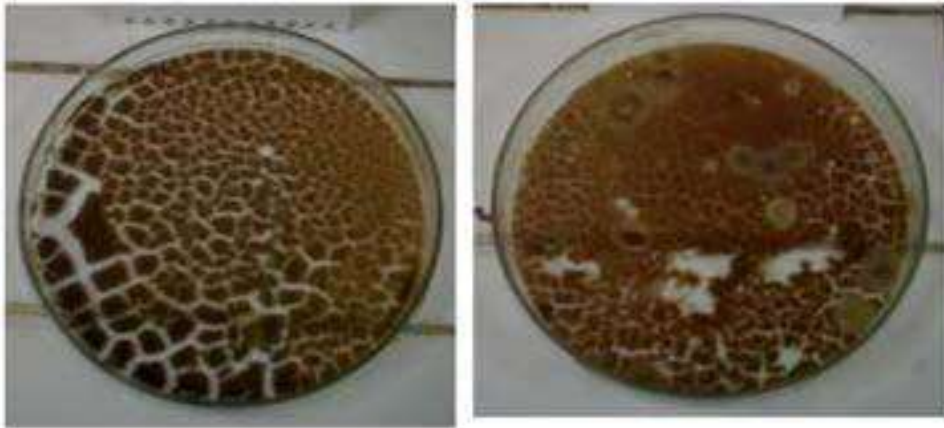
Gambar 25. *Edible film* berbasis pati gadung

Proses pembuatan pati gadung termodifikasi menggunakan agen multifungsional POCl_3 melalui metode ikatan silang (Gambar 26.). Tujuan penggunaan pati gadung termodifikasi ini untuk memperkuat matrik *edible film* sehingga dapat mencegah keretakan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Pembuatan *edible film* menggunakan pati gadung termodifikasi menggunakan proses seperti pada Gambar 26. Suspensi *edible film* pati gadung dalam cetakan yang telah dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 65°C selama 12 jam mengalami keretakan sebelum terbentuknya *edible film* (Gambar 27). Hal ini terjadi akibat suhu evaporasi air lebih tinggi daripada kecepatan pembentukan matrik *film*, sehingga sebelum matrik terbentuk sempurna air telah menguap yang menyebabkan pembentukan matrik *edible film* terganggu.



Gambar 26. Diagram alir pembuatan pati gadung termodifikasi menggunakan POCl₃ dengan metode ikatan silang



Gambar 27. *Edible film* berbahan baku pati gadung termodifikasi yang mengalami keretakan atau pecah sebelum kering

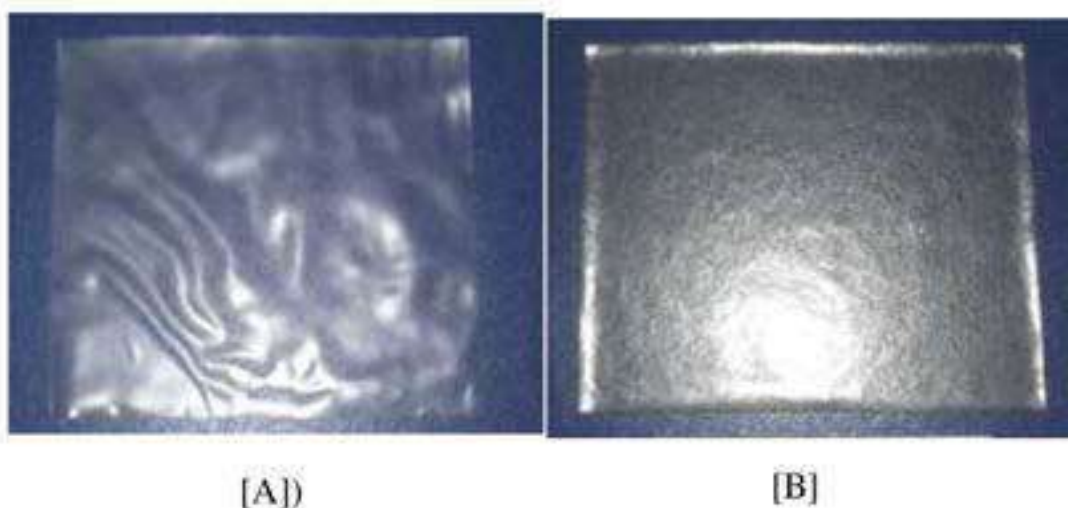
Khwalidia *et al.* (2004) melaporkan bahwa proses pembentukan *edible film* melalui tiga tahapan yaitu: 1) evaporasi molekul air dari koloidal pati sehingga terjadi peningkatan konsentrasi, 2) terjadi evaporasi lanjutan sehingga akan terjadi gaya kapiler molekul air atau *plasticizer* yang menyebabkan antar partikel polimer menjadi saling mendekat, dan 3) terjadi autohesion. Pada proses tersebut suhu evaporasi antara suspensi film dengan kandungan matrik sangat penting diperhatikan. Pada saat suhu evaporasi tinggi maka akan menyebabkan penguapan bahan pelarut lebih cepat dan melumpuhkan pergerakan molekul biopolimer sebelum terbentuknya matrik secara sempurna. Hal ini mengakibatkan film akan berlubang (*pinholes*) dan ketebalan yang tidak merata.

84

5.2. *Edible film* pati ganyong

Teknologi pembuatan *edible film* pati ganyong termodifikasi maupun non termodifikasi mengikuti proses yang sama dengan pati gadung (Gambar 24) begitu juga untuk proses pembuatan pati ganyong termodifikasi mengikuti proses seperti pada Gambar 26. Pati ganyong termodifikasi maupun non termodifikasi dapat membentuk *edible film* dengan sempurna (Gambar 28). Hal ini berkaitan dengan rasio amilosa dan amilopektin dalam pati ganyong baik termodifikasi maupun non termodifikasi relatif tinggi yaitu 1:4,7 dibanding berturut pati ubi kayu

dan pati gadung yaitu 1:7,1 dan 1:10,2. Lafargue *et al.* (2007) menjelaskan bahwa sifat fisik dan kimia *edible film* berbasis pati sangat tergantung pada rasio amilosa dan amilopektin. Harris (2001) menambahkan bahwa rasio amilosa dan amilopektin pati ubi kayu, pati aren, dan pati sagu berturut-turut sebesar 1: 4,7; 1:2,7 dan 1:2,6 berpengaruh terhadap kerjernihian, kerapatan (porositas), dan elastisitas *edible film*.



Gambar 28. *Edible film* pati ganyong non termodifikasi [A] dan pati ganyong termodifikasi [B]

Peranan amilosa dalam membentuk *edible film* dapat dijelaskan bahwa ketika pati terdispersi dalam air yang disertai dengan pemanasan maka molekul air akan terabsorpsi ke permukaan granula, jika pemanasan dilanjutkan maka molekul air akan terabsorpsi ke dalam granula. Molekul air mula-mula masuk ke daerah amorf pada rantai amilosa merusak ikatan hidrogen di dalamnya sehingga terjadi pembengkakan volume granula. Proses pemanasan diteruskan maka granula pati akan tergelatinisasi yang ditandai dengan keluarnya amilosa dari dalam granula membentuk dispersi koloidal. Hal ini disebabkan amilosa merupakan fraksi linier maka ada kecenderungan untuk membentuk jaring-jaring secara paralel antar rantainya di permukaan granula. Pada saat proses gelatinisasi telah sempurna dan disertai dengan terjadinya penurunan suhu evaporasi maka akan

terbentuk struktur tiga dimensi ikatan silang antar rantai amilosa dan antara amilosa dengan granula itu sendiri. *Film* yang terbentuk dari struktur ini biasanya amorf atau tidak beraturan dengan derajat kristalinitas tergantung dari kondisi prosesnya. *Film* akan terbentuk apabila gaya kapiler air sebagai *plasticizer* lebih besar dari gaya tolak menolak antara partikel polimer.

Menurut Garcia *et al.* (2009) molekul amilosa adalah molekul yang paling bertanggung jawab dalam pembentuk *edible film*. Hal serupa juga diungkapkan oleh Mali *et al.* (2004) bahwa amilosa merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam pembuatan *edible film* ubi jalar. *Edible film* berbasis pati yang mengandung amilosa atau amilopektin tinggi akan menghasilkan karakteristik *edible film* yang berbeda. Apabila amilosa tinggi, *edible film* yang dihasilkan lebih kuat dan lebih *permeable* dan ikatan cabang struktur amilopektin pada umumnya memberikan sifat kuat tekan yang lebih rendah (Yun dan Yoon 2010).

Publikasi hasil penelitian Talja *et al.* (2007), menegaskan bahwa selama proses pembentukan gel molekul amilosa dan amilopektin terbentuk ikatan silang secara fisik inter dan intramolekuler dalam menghasilkan jaringan makromolekul film setelah proses evaporasi. Ikatan silang secara fisik dalam jaringan makromolekul pati dibentuk terutama oleh mikrokristal yang didominasi molekul amilosa.

Karakteristik fisik dan kimia *edible film* pati ganyong termodifikasi metode ikatan silang dengan menggunakan beberapa tingkat konsentrasi senyawa $POCl_3$ seperti yang disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Karakteristik fisik dan kimia *edible film* pati ganyong termodifikasi

Perlakuan (Konsentrasi $POCl_3$)	Persen pemanjangan (%)	Kuat tekan (Newton)	Laju transmisi uap air ($g.m^{-2}.hari^{-1}$)
0%	13,37 ^a	141,21 ^b	17,83 ^a
0,04%	14,75 ^b	136,64 ^a	19,83 ^b
0,08%	15,69 ^c	146,89 ^c	18,25 ^a
0,12%	14,77 ^b	123,69 ^d	18,95 ^{ab}

Sumber : Santoso (2011)

Persen pemanjangan *edible film* pati termodifikasi POCl_3 0,08% (15,69%) paling tinggi dibanding perlakuan lainnya seperti disajikan pada Tabel 16. Hal ini dapat dijelaskan bahwa beberapa gugus hidroksil (OH) dalam pati ganyong termodifikasi telah disubstitusi oleh gugus fosfat dari senyawa POCl_3 yang menyebabkan struktur pati mengembang dan kemampuan untuk memperangkap air meningkat. Disamping itu, substitusi gugus fosfat memperkuat ikatan hidrogen sehingga kecenderungan molekul amilosa berinteraksi dengan amilosa menurun. Perubahan sifat pati ini berdampak pada peningkatan elastisitas *edible film*. Menurut Chuenkamol *et al.* (2007), sifat retrogradasi pati ganyong dapat dikurangi melalui modifikasi pati menjadi pati asetat dengan derajat substitusi rendah. Yu *et al.* (2006) menjelaskan bahwa molekul pati ikatan silang dapat berpotensi menguatkan ikatan intermolekul ikatan hidrogen yang berdampak pada perbaikan sifat mekanik *edible film*.

Kuat tekan (*puncture strength*) menggambarkan tekanan (gaya tekan) maksimum yang dapat ditahan oleh *edible film*. Nilai kuat tekan *edible film* tertinggi terdapat pada pati ganyong termodifikasi dengan konsentrasi senyawa POCl_3 0,08%, yaitu 146,89 Newton (Tabel 16). Hal ini dipengaruhi oleh gugus fosfat dari senyawa POCl_3 yang mensubstitusi gugus hidroksil (OH) dalam molekul amilosa terutama pada atom C nomor 2. Substitusi ini berdampak pada peningkatan kekuatan matrik *edible film*. Semakin bertambah kekuatan matrik film maka semakin besar kuat tekan *edible film*. Di lain pihak, pati ganyong termodifikasi ini diduga memiliki keseimbangan antara jumlah gugus OH molekul amilosa yang belum dan telah disubstitusi oleh gugus fosfat. Keseimbangan kedua gugus OH ini dalam matrik *edible film* memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan kuat tekan. Menurut Chatakanonda *et al.* (2000) *edible film* yang dibentuk dengan pati termodifikasi ikatan silang (*cross-linking*) memiliki sifat mekanik lebih baik dibanding pati tanpa modifikasi. Lopez *et al.* (2010) menambahkan bahwa terjadi penurunan kadar amilosa secara signifikan pada pati termodifikasi. Tharanathan (2003) menjelaskan bahwa kandungan amilosa tinggi pada pati akan menghasilkan *edible film* yang kuat dan sebaliknya apabila amilopektin tinggi maka film yang dihasilkan akan rendah kuat tekannya.

Data Tabel 16 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong termodifikasi lebih tinggi dibanding non termodifikasi. Hal ini disebabkan pati ganyong termodifikasi memiliki struktur lebih terbuka yang mengakibatkan *edible film* lebih mudah ditembus oleh uap air. Menurut Pareta dan Edirisinghe (2006), penggunaan pati termodifikasi sebagai bahan baku *edible film* akan menurunkan interaksi intermolekul antara rantai polimer yang berdekatan, sehingga *edible film* yang dihasilkan lebih fleksibel dengan laju transmisi uap air lebih tinggi.

Alasan lain yang dapat dijelaskan mengapa *edible film* pati ganyong termodifikasi lebih tinggi dibanding non termodifikasi adalah dari aspek jumlah molekul amilosa. Substitusi fosfat terhadap jembatan hidrogen menyebabkan jumlah molekul amilosa berkurang yang berdampak pada penurunan kerapatan *edible film* sehingga mudah ditembus uap air dan berlaku sebaliknya. Hasil penelitian ini sejalan dengan Garcia *et al.* (2000) yang melaporkan bahwa semakin tinggi kandungan amilosa dalam matrik film maka nilai laju transmisi uap air *edible film* semakin rendah. Krochta *et al.* (1994) menjelaskan bahwa amilosa memiliki sifat transparansi dan elastisitas rendah tetapi tinggi kerapatannya. Sebaliknya, amilopektin memiliki sifat transparansi tinggi, demikian juga elastisitasnya tetapi rendah kerapatannya. Sifat transparansi akan mempengaruhi derajat kejemihan film dan kerapatan berpengaruh terhadap porositas film. Transparansi dan kerapatan tersebut akan mempengaruhi laju transmisi gas dan uap air *edible film*.

Secara teori semakin tinggi konsentrasi POCl_3 ditambahkan maka jembatan fosfat yang terbentuk makin banyak dan struktur pati akan makin terbuka sehingga laju transmisi uap air *edible film* makin tinggi. Namun hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan laju transmisi uap air pada konsentrasi senyawa POCl_3 0,05 (Tabel 16). Pembentukan *edible film* berbasis pati diawali dengan pecahnya granula dan diikuti oleh keluarnya amilosa membentuk jaringan yang mengelilingi granula tersebut sehingga terjadi interaksi antara amilosa satu dengan amilosa lainnya dan antara amilosa dengan granula itu sendiri. Pada saat terjadi interaksi antar amilosa diduga struktur molekul amilosa satu dengan yang lain dalam keadaan homogen (terjadi pertemuan jembatan hidrogen pada satu amilosa dengan amilosa lain dan begitu juga halnya dengan jembatan fosfat) terjadi interaksi dan interaksi tersebut menghasilkan matrik film yang rapat. Lopez *et al.* (2008) melaporkan bahwa pati jagung termodifikasi (*acetylated cross-*

linking) dengan konsentrasi perlakuan 5% menghasilkan *edible film* dengan laju transmisi uap air rendah, yaitu $1,26 \times 10^{-10} \text{ g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$.

5.3. *Edible film* pati ubi kayu

Pati ubi kayu diperoleh dari proses ekstraksi terhadap ubi kayu, dimana ubi kayu dikupas dan diparut selanjutnya ditambah air dan diperas. Hasil perasan tersebut diendapkan dan endapan padat dijemur sampai kering seterusnya dihaluskan menggunakan mortar yang dilanjutkan dengan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 80 mesh. Pati ubi kayu dimanfaatkan sebagai bahan baku *edible film* seperti pada Gambar 29.

Prinsip pembuatan *edible film* pati ubi kayu terdiri atas beberapa tahap, yaitu: 1) pembentukan suspensi pati, 2) penyaringan, 3) pengetalan, 4) penambahan *plastisizer*, 5) penambahan emulsifier, 6) penambahan lipida, 7) penghilangan gas terlarut, 8) penuangan dalam cetakan, 9) pengeringan dengan oven pengering, 10) pemasukan dalam desikator, dan 11) pelepasan *edible film* dari cetakan.



Sumber : Harris (1999)

Gambar 29. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* pati ubi kayu

Suspensi pati ubi kayu dibuat dengan mencampurkan pati tersebut dengan air destilat dengan rasio 1:9. Campuran tersebut diaduk sampai homogen dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Granula pati akan mengalami pengembangan secara reversible. Pengembangan terjadi karena sejumlah kecil air masuk ke bagian granula pati, yang memiliki ikatan intermolekuler kurang kuat. Dengan bantuan pengadukan mixer, maka granula yang pecah akan menyerap air lebih banyak, demikian juga terjadi perusakan ikatan intermolekuler di dalam granula pati sehingga air akan mudah masuk ke dalam granula pati.

Suspensi pati disaring dengan kain saring dua lapis dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran dilanjutkan pengentalan dengan melakukan proses pemanasan dan pengadukan menggunakan alat *hot plate* selama kurang lebih 20 menit pada suhu 50°C.

Tabel 17 Karakteristik *edible film* pati ubi kayu

No	Karakteristik <i>edible film</i>	Nilai
1	a_w	0,466
2	Derajat kejernihan (%)	67,73
3	Ketebalan film (mm)	0,12
4	Kuat tarik (kgf/cm)	6,97
5	Persen pemanjangan (%)	72,9
6	Laju transmisi gas O ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,32
7	Laju transmisi gas CO ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,17
8	Laju transmisi uap air (g/m ² /24jam)	8,79

Sumber: Harris, (1999)

Penambahan *plastisizer* ditujukan agar *edible film* yang dihasilkan bersifat elastis dan halus, namun *plastisizer* juga dapat meningkatkan laju transmisi uap air dan gas *edible film* karena *plastisizer* dapat mengurangi kerapatan molekul dalam matrik *edible film* sehingga banyak ruang bebas yang terbentuk. Ruang bebas ini yang dimanfaatkan oleh uap air dan gas untuk melakukan penetrasi ke dalam

37 *edible film*. Gliserol dan sorbitol merupakan plastizier yang paling banyak digunakan dalam pembuatan *edible film*.

Emulsifier merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsional yang bersifat polar dan non polar. Beberapa *emulsifier* yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah CMC, lesitin, dan *tween 80*. *Emulsifier* pada umumnya digunakan dalam pembuatan *edible film* komposit dimana dalam komposisi *edible film* ini menggunakan dua senyawa yang berbeda sifatnya yaitu polar dan non polar. Agar *edible film* ini memiliki penampakan, kekuatan, kekompakan dan laju transmisi gas baik maka perlu diperlukan *emulsifier*. Menurut Kroetha and De Mulder-Johnston, (1997) menjelaskan bahwa tanpa adanya *emulsifier* pembentukan *edible film* berbasis pati memerlukan energi besar dan waktu yang lama khususnya proses interaksi pati dan air melalui ikatan elektrostatis dan ikatan hidrogen dalam membentuk kompleks elektrostatis yang lebih stabil.

11 Penambahan lipida ditujukan untuk menurunkan laju transmisi uap air *edible film*. Beberapa senyawa lipida yang sering dimanfaatkan dalam *edible film* adalah lilin lebah (*beeswax*), minyak nabati, asam palmitat dan lain sebagainya. Penggunaan lipida khususnya yang bersifat jenuh perlu dilakukan perlakuan pendahuluan terlebih dahulu sebelum proses pencampuran. Sebagai contoh penggunaan lilin lebah harus dihaluskan atau dicairkan terlebih dahulu dan penambahannya harus secara sedikit demi sedikit dimana pengadukan terus dilakukan. Pengadukan dilakukan untuk menyempurnakan pelarutan dan meratakan lilin lebah keseluruhan larutan, sehingga tidak meninggalkan bintik-bintik kecil pada permukaan film yang terbentuk. Setelah pencampuran tersebut, larutan film terus diaduk dan dipanaskan sampai kental yaitu sekitar 15 menit pada suhu gelatinisasi. Hal ini dimaksudkan supaya reaksi antara komponen pembentuk film dapat berlangsung dengan sempurna. Selain itu pemanasan dan pengadukan bertujuan untuk menguapkan sebagian pelarut yang digunakan sehingga waktu dan energi yang dibutuhkan untuk pengeringan film yang dapat dikurangi.

Suspensi *edible film* yang telah terbentuk harus dilakukan *degassing* dengan menggunakan oven vacum pada tekanan 76cmHg selama 20 menit. *Degassing* merupakan proses penghilangan gas terlarut yang terdapat dalam suspensi *edible film*. Gas ini terbentuk

disebabkan adanya perbedaan tekanan antara gelembung udara dalam larutan film dengan udara di atas larutan film akan menyebabkan gelembung udara naik ke permukaan dan pecah. Gas terlarut ini akan membentuk lobang-lobang kecil pada *edible film* yang ditelah dikeringkan. Hal ini menyebabkan laju transmisi uap air dan gas *edible film* meningkat serta penampilan film menjadi kurang menarik.

Suspensi *edible film* sebesar volume tertentu dituangkan dalam cetakan dengan ukuran yang sama dan selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pengering dengan suhu dan waktu tertentu. Langkah selanjut *edible film* dimasukan dalam desikator selama kurang lebih 1 jam dan seterusnya dilepaskan dari cetakan.

5.4. Edible film pati aren

Pati aren diperoleh dari bagian empulur batang aren. Secara umum pembuatan pati aren meliputi persiapan bahan mentah, pamarutan empulur, proses ekstraksi, pengendapan 1, pencucian, pengendapan 2, penirisan dan penjemuran (Widiyanto, 1984). Teknologi proses pembuatan *edible film* pati aren seperti pada Gambar 30.



Sumber : Harris (1999)

Gambar 30. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* pati aren

Tabel 18. Karakteristik fisik dan kimia *edible film* pati aren

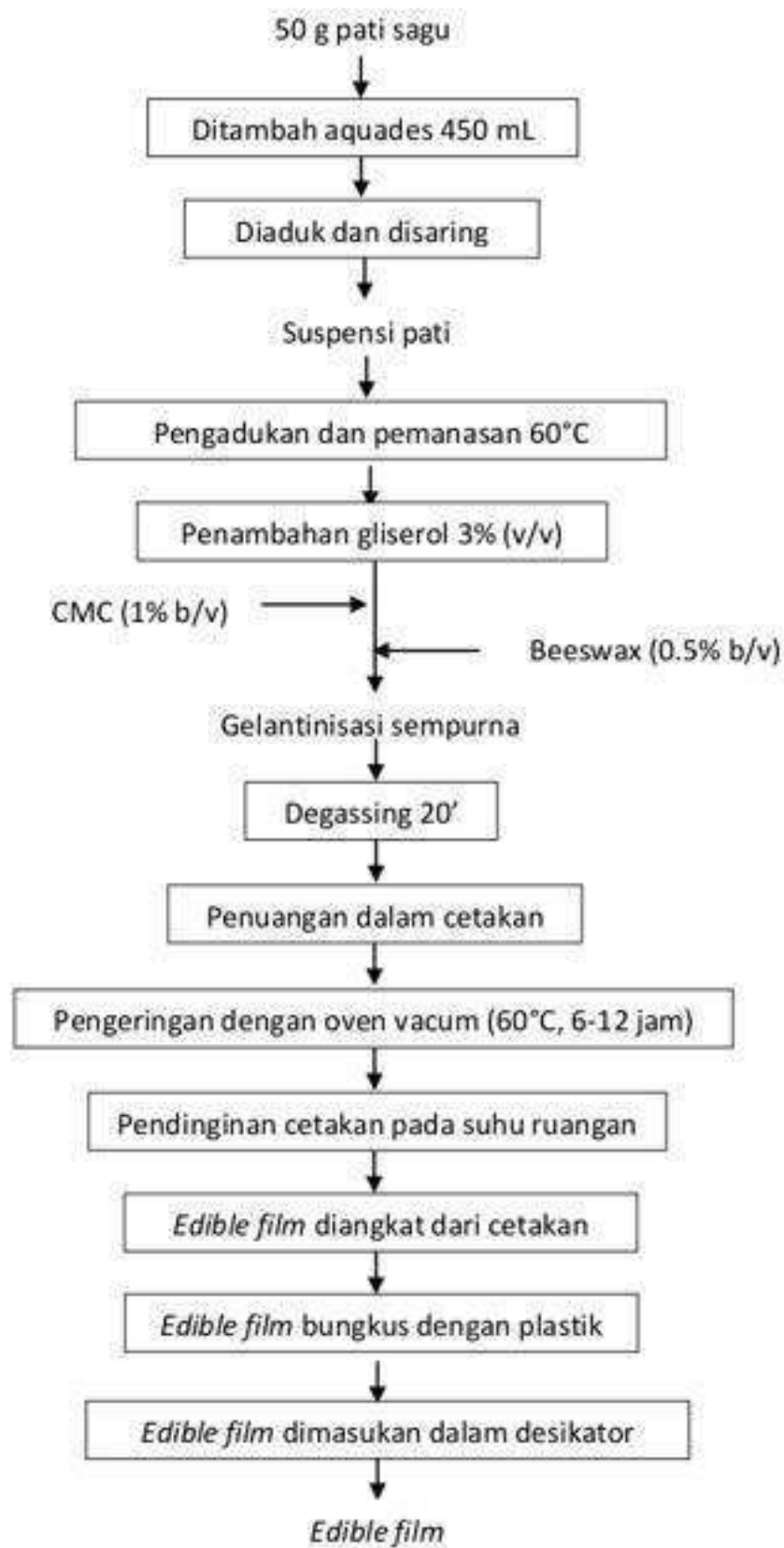
No	Karakteristik <i>edible film</i>	Nilai
1	a_w	0,476
2	Derajat kejernihan (%)	62,52
3	Ketebalan film (mm)	0,112
4	Kuat tarik (kgf/cm)	6,37
5	Persen pemanjangan (%)	71,5
6	Laju transmisi gas O ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,37
7	Laju transmisi gas CO ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,18
8	Laju transmisi uap air (g/m ² /24jam)	8,76

Sumber: Harris (1999)

5.5. *Edible film* pati sagu

Pati sagu diperoleh dari empulur batang tanaman sagu dengan cara diekstraksi. Tahapan ekstraksi pati sagu sebagai berikut: empulur batang sagu diparut kemudian ditambah air dan diremas-remas di atas ayakan sehingga pati dan ampasnya terpisah. Suspensi pati dialirkan ke bak pengendapan dan dibiarkan beberapa saat sehingga pati sagu mengendap. Pati tersebut dikeringkan dengan penjemuran.

Teknologi proses pembuatan *edible film* pati sagu (Gambar 31) dengan karakteristik *edible film* yang dihasilkan seperti Tabel 19.



Sumber : Harris (1999) 148

Gambar 31. Prosedur pembuatan *edible film* dari pati sagu

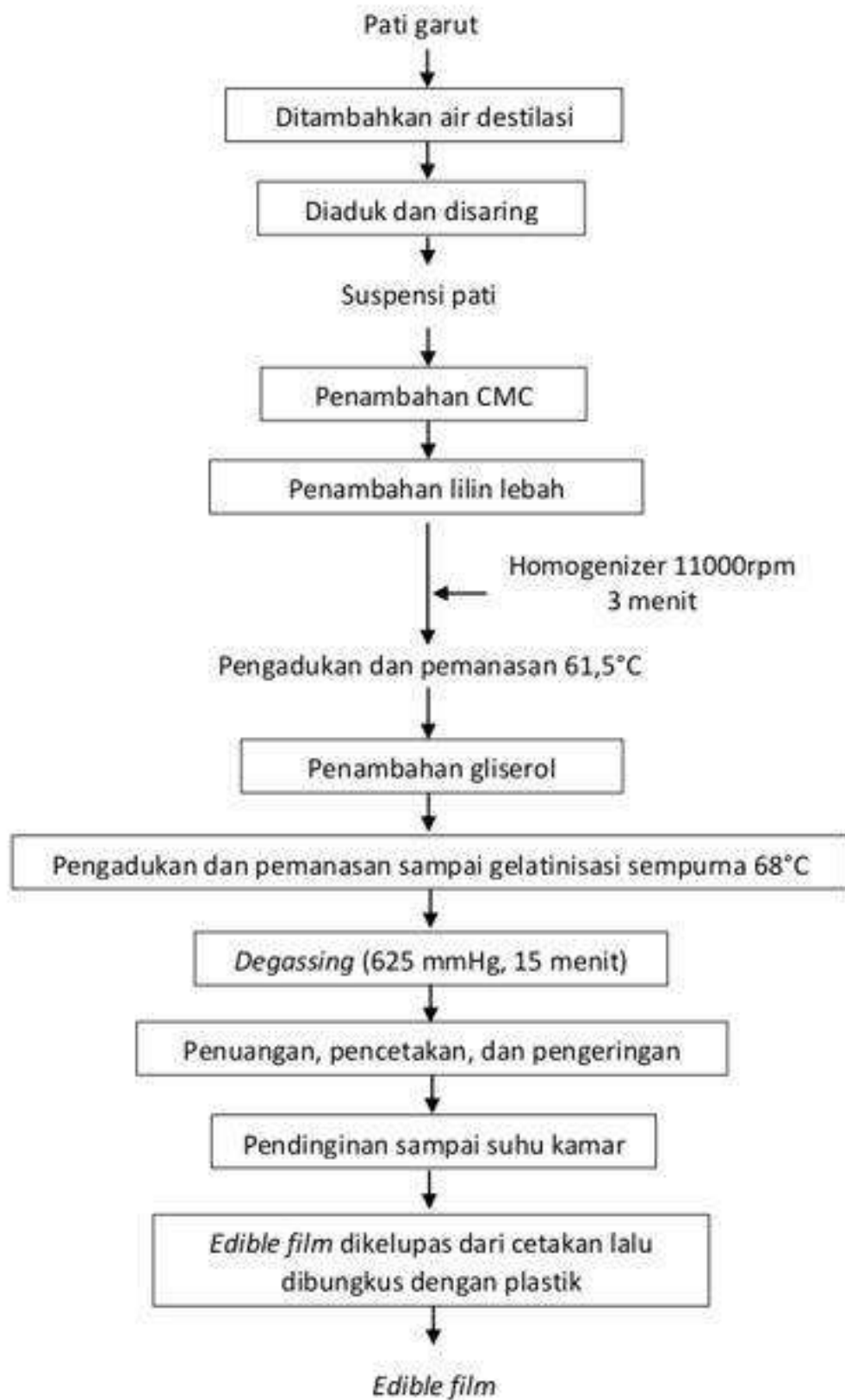
Tabel 19. Karakteristik *edible film* pati sagu

N	Karakteristik <i>edible film</i>	Nilai
157		
1	α_w	0,471
2	Derajat kejernihan (%)	63,81
3	Ketebalan film (mm)	0,118
4	Kuat tarik (kgf/cm)	5,75
5	Persen pemanjangan (%)	68,3
6	Laju transmisi gas O ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,40
7	Laju transmisi gas CO ₂ (cm ³ /m ² .jam)	0,23
8	Laju transmisi uap air (g/m ² /24jam)	8,62

Sumber: Harris (1999)

5.6. Edible Film Pati Garut

Teknologi proses pembuatan *edible film* pati garut (Gambar 32) terdiri atas beberapa langkah: 1) pembuatan supensi pati dengan mencampurkan pati garut dengan air destilasi, 2) supensi pati ditambah CMC dan ditambah lilin lebah (*beeswax*), 3) suspensi dihomogenizer selama 3 menit dengan putaran 11000 rpm dan dipanaskan pada suhu 61,3°C, 4) penambahan gliserol dan pemanasan dilanjutkan sampai suhu 68°C sehingga pati tergelatinisasi sempurna, 5) penghilangan gas terlarut (*degassing*), 6) suspensi dituangkan dalam cetakan dan dilakukan pengeringan dengan oven pengering, dan 7) lapisan *edible film* dilepaskan dari cetakan dan dibungkus dengan plastik dan dimasukkan dalam desikator.



Sumber : Yuniar (2006) 15

Gambar 32. Diagram alir proses pembuatan *edible film* dari pati garut

Karakteristik fisik dan kimia *edible film* sangat ditentukan oleh bahan baku dan proses yang dilakukan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pati termodifikasi menghasilkan *edible film* yang lebih baik dibanding pati alami, begitu juga dengan pati garut. Pati garut alami umumnya mempunyai ikatan hidrogen yang lemah pada rantai polimer amilosa dan gel kohesif dengan kecenderungan untuk retrogradasi.

Dengan kondisi proses yang sama seperti pada Gambar 32. dihasilkan tiga jenis *edible film* dengan tiga bahan baku berbeda dengan karakteristik *edible film* yang dihasilkan seperti pada Tabel 20.

Tabel 20. Karakteristik *edible film* pati garut, pati garut hidroksipropil, dan pati komersil

Karakteristik <i>edible film</i>	Pati garut	Pati garut hidroksipropil	Pati komersil
Ketebalan (mm)	0,121	0,126	0,105
Kuat tarik (MPa)	25,611	13,287	16,373
Pemanjangan (%)	18,156	52,893	45,682
Transmisi H ₂ O (g/m ² /24jam)	253,23	69,85	57,37
Transmisi O ₂ (cc/m ² /24jam)	4,1370	1,1795	0,9161
Transmisi CO ₂ (cc/m ² /24jam)	5,7541	1,6344	0,9854
Kelarutan (%)	26,78	43,43	60,62

Sumber : Yuniar (2006)

5.7. Penggunaan *emulsifier* dalam teknologi pengolahan *edible film*

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penggunaan *emulsifier* merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan *edible film* komposit karena tidak semua jenis *emulsifier* dapat digunakan. Dalam penggunaan *emulsifier* minimal ada 3 faktor yang harus dipertimbangkan yaitu : 1) porsi bahan biopolimer hidrofilik dan hidropobik dalam formulasi *edible film*, 2) Nilai *hidrophyllic lipophobic balance* (HLB), dan 3) jumlah konsentrasi yang ditambahkan.

Pengaruh penggunaan jenis *emulsifier* (CMC=22 dan lesitin=8) dengan nilai HLB dan konsentrasi berbeda terhadap karakteristik fisik dan kimia *edible film* seperti pada Tabel 21.

Tabel 21. Pengaruh penggunaan *emulsifier* MC (C) dan lesitin (L) terhadap persen pemanjangan, kuat tekan, dan laju transmisi uap air *edible film*

Perlakuan	Karakteristik <i>Edible Film</i>		
	Persen Pemanjangan (%)	Kuat Tekan (Newton)	Laju Transmisi Uap Air (g.m ⁻² .hari ⁻¹)
C ₁	23,33 ^a	114,57 ^a	ns
C ₂	37,00 ^b	120,30 ^b	ns
C ₃	51,33 ^c	123,17 ^b	ns
L ₁	20,53 ^a	90,20 ^a	ns
L ₂	15,71 ^b	99,70 ^b	ns
L ₃	12,46 ^c	103,27 ^b	ns

Sumber : Santoso (2011)

Tabel 21. menunjukkan bahwa CMC maupun lesitin tidak hanya berfungsi sebagai *emulsifier* tetapi juga berpengaruh terhadap persen pemanjangan *edible film*, namun pengaruh yang diberikan keduanya berlawanan. CMC meningkatkan persen pemanjangan *edible film* sedangkan lesitin sebaliknya. Peningkatan persen pemanjangan *edible film* oleh CMC disebabkan gugus OH molekul CMC dapat membentuk ikatan kompleks dalam matrik *edible film* sehingga semakin tinggi konsentrasi CMC maka makin tinggi *water holding capacity* yang menyebabkan daya kohesif antar molekul penyusun matrik *edible film* menurun. Penurunan daya kohesif antar molekul ini berpengaruh terhadap peningkatan elastisitas *edible film*. *Emulsifier* lesitin menurunkan persen pemanjangan *edible film* karena lesitin merupakan *emulsifier* yang memiliki dua ekor komponen hidrofobik sehingga penambahan *emulsifier* ini menambah komponen hidropobik dalam matrik *edible film*, hal ini berpengaruh terhadap penurunan persen pemanjangan *edible film*. Rodriguez *et al.* (2006) menyatakan bahwa pengaruh *emulsifier* terhadap persen pemanjangan *edible film* tergantung dari konsentrasi dan jenis surfaktan yang digunakan.

Pengaruh *emulsifier* CMC dan lesitin terhadap kuat tekan *edible film* berbanding lurus dengan konsentrasi masing-masing *emulsifier* yang

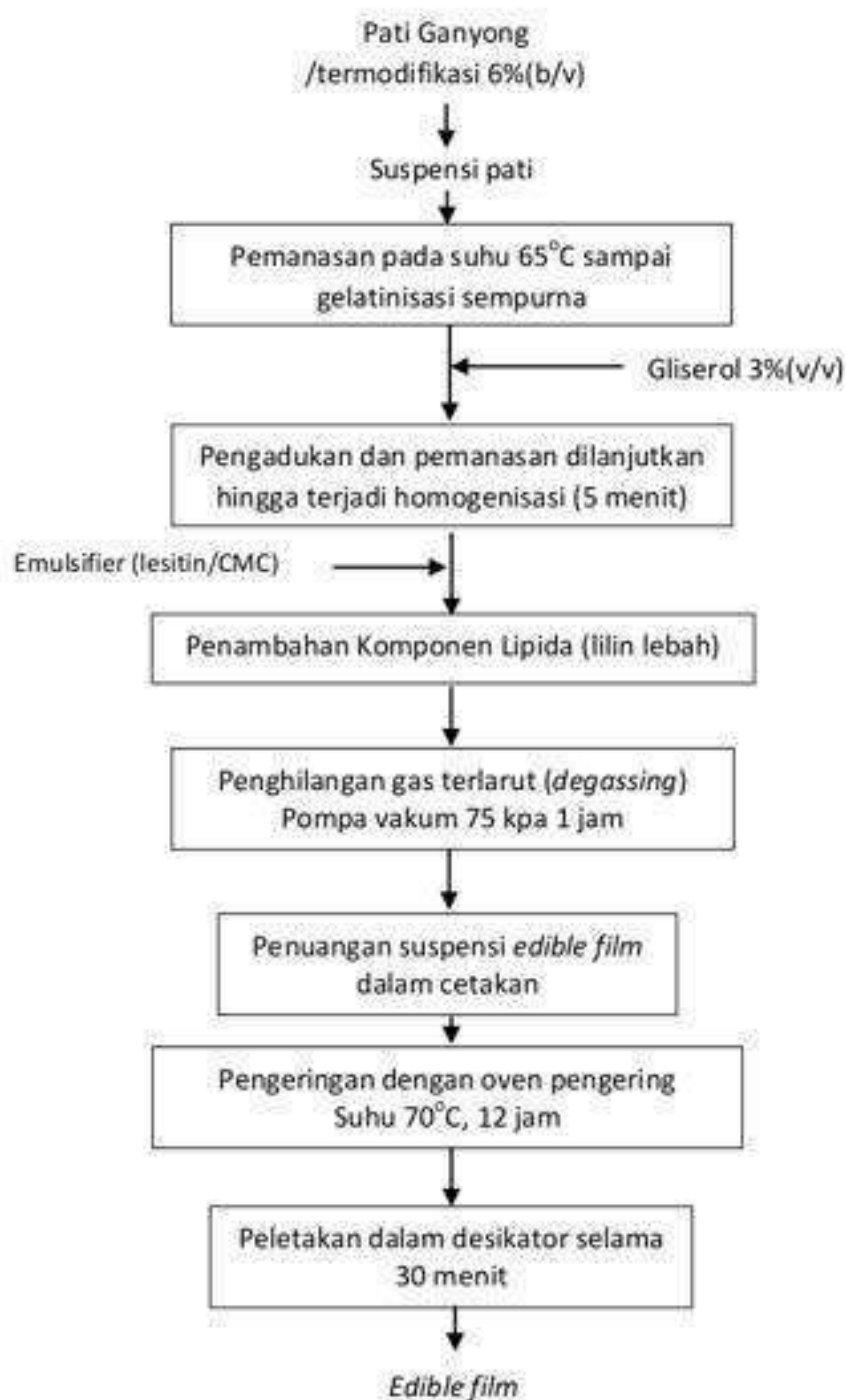
digunakan, makin tinggi konsentrasi emulsifier makin tinggi kuat tekan *edible film*, namun pengaruh penambahan emulsifier CMC terhadap nilai kuat tekan lebih besar dibanding lesitin. Hal ini dapat terjadi karena CMC dan lesitin sama-sama berfungsi sebagai bahan pengisi tetapi CMC memiliki afinitas lebih tinggi terhadap komponen hidrofilik yang lebih besar porsinya dalam matrik *edible film* dibanding hidropobik. Ma *et al.* (2008) menjelaskan bahwa CMC dapat memperbaiki karakteristik mekanik dan daya tahan *edible film* berbasis pati, karena pati dan CMC memiliki struktur kimia yang mirip sehingga meningkatkan kompatibilitas antara ikatan tersebut. Baik CMC maupun lesitin tidak berpengaruh terhadap laju transmisi uap air *edible film* walaupun molekul CMC meningkatkan kompatibilitas *edible film* sehingga lebih rapat, namun sifat hidrofilik molekul CMC yang menyebabkan laju transmisi uap air masih tetap tinggi. Penggunaan lesitin sebagai emulsifier pada umumnya digunakan dalam konsentrasi rendah sehingga belum mampu berperan menahan laju transmisi uap air *edible film*.

5.8. Edible film komposit berbasis pati ganyong

Telah dijelaskan sebelumnya *edible film* komposit merupakan *edible film* yang terbuat dari gabungan bahan biopolimer hidrokoloid dan lipida. Adapun tujuannya adalah untuk memperoleh karakteristik *edible film* yang lebih baik dibanding *edible film* hidrokoloid maupun lipida. Dalam pembuatan *edible film* ini diperlukan bahan lain dan sangat penting selain hidrokoloid dan lipida, yaitu emulsifier. Khusus pembahasan dalam bab ini menggunakan emulsifier CMC dan lesitin dengan pati ganyong mewakili bahan biopolimer hidrokoloid dan lipida diwakili beeswax.

Teknologi proses pembuatan *edible film* komposit berbasis pati ganyong seperti yang disajikan pada Gambar 33. Mekanisme pembentukan *edible film* berbasis pati ganyong komposit dimulai dari proses pembuatan suspensi pati ganyong. Suspensi pati ganyong dibuat dengan pencampuran pati sebesar 6% (b/v) dengan air destilat dan diaduk menggunakan alat *magnetic stirrer*. Tahap ini suspensi berwarna putih dan belum terjadi pemecahan granula pati secara sempurna. Selanjutnya proses pemanasan terhadap suspensi pati pada suhu 65°C hingga terjadi gelatinisasi sempurna dengan ditandai muncul warna bening. Tahap ini granula pati mengalami pecah dan terbentuk lingkaran secara selang seling amilosa dan amilopektin yang saling berikatan satu sama lain dengan molekul air yang merupakan

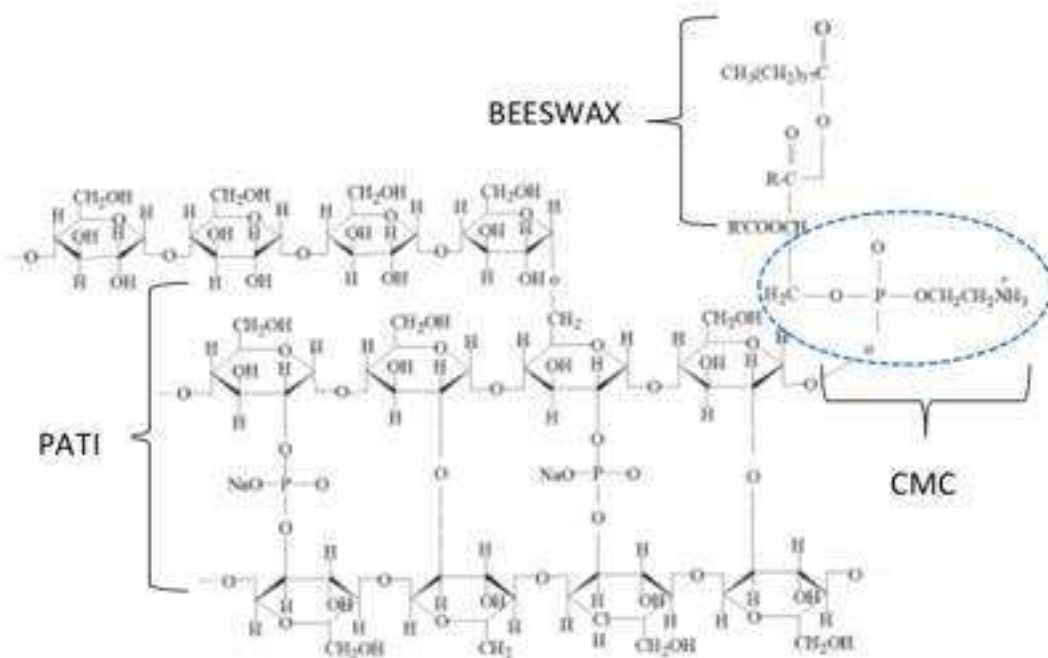
kerangka matrik *edible film*. Kerangka ini bersifat rapuh dan lemah karena hanya ditopang oleh ikatan hidrogen. Diketahui bahwa ikatan hidrogen merupakan ikatan bersifat lemah yang berpengaruh terhadap kemampuan matrik film dalam mengikat air, jika ikatan ini rusak maka molekul air akan menguap yang mengakibatkan matrik *edible film* menjadi kaku dan retak.



Gambar 33. Diagram alir proses pembuatan *edible film* komposit berbasis pati ganyong

Penambahan gliserol dilakukan untuk menghindari *edible film* dari kaku atau rapuh. Gliserol merupakan senyawa bersifat hidrofilik yang dapat membantu mengikat air dalam matrik *edible film*. Gliserol dapat membentuk ikatan kompleks dengan amilosa, amilopektin, dan molekul air sehingga dapat meningkatkan *water holding capacity* matrik *edible film*. Langkah selanjutnya adalah penambahan senyawa hidropobik dengan tujuan untuk menurunkan laju transmisi uap air *edible film*. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa *edible film* yang hanya mengandung komponen hidrokoloid laju transmisi uap air tinggi, namun penambahan komponen lipida tidak bisa langsung ditambahkan tanpa ada jembatan penghubungnya karena perbedaan sifat antara komponen hidrokoloid dengan lipida yang tidak bisa berikatan secara sempurna satu dengan yang lainnya. Jembatan penghubung yang dimaksud adalah senyawa *emulsifier*, pemilihan jenis *emulsifier* yang digunakan sangat tergantung dari komposisi komponen penyusun dari *edible film*, jika komponen hidrokoloid lebih besar dibanding lipida maka senyawa *emulsifer* yang dipilih dengan nilai HLB 12-15 dan jika sebaliknya maka *emulsifier* dengan nilai HLB 1-5. Dalam hal ini *emulsifier* yang digunakan adalah CMC dengan nilai HLB 12-15 karena komposisi bahan biopolimer hidrokoloid sebagai penyusun *edible film* lebih besar dibanding lipida.

Molekul CMC terutama posisi ekor yang bersifat hidrofik berikatan dengan gugus aktif yang bebas dengan amilosa, amilopektin, maupun gliserol. Pencampuran CMC dalam suspensi *edible film* harus diaduk hingga homogen dan selanjutnya ditambahkan komponen lipida untuk membentuk ikatan dengan gugus aktif dengan molekul CMC pada ekor yang bersifat hidropobik. Ikatan kompleks yang terjadi dalam matrik *edible film* adalah pati-CMC-beeswax seperti yang disajikan pada Gambar 34.



Sumber: Santoso (2011)

Gambar 34. Ikatan kompleks molekul pati-CMC-beeswax

Tahap selanjutnya adalah proses *degassing* dengan menggunakan pompa vakum. Proses ini merupakan proses pengurangan gas terlarut yang ada dalam suspensi *edible film* karena gas ini menyebabkan *edible film* berlobang. Suspensi *edible film* dituangkan dalam cetakan dan dikeringkan dengan oven pengering. Setelah proses pengeringan, *edible film* yang masih dalam cetakan dimasukkan dalam desikator dengan tujuan agar *edible film* mudah dilepakan dari cetakan.

Pengaruh penggunaan pati ganyong termodifikasi³⁰ dan non termodifikasi terhadap karakteristik *edible film* komposit seperti yang disajikan pada Tabel 22.

84

Tabel 22. Persen pemanjangan, kuat tekan, dan laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong (P₁) dan pati ganyong termodifikasi (P₂)

Perlakuan	Karakteristik <i>Edible Film</i>		
	Persen Pemanjangan (%)	Kuat Tekan (Newton)	Laju Transmisi Uap Air (g.m ⁻² .hari ⁻¹)
P ₁	35,11 ^a	111,84 ^a	10,67 ^a
P ₂	39,33 ^b	126,84 ^b	8,67 ^b

Sumber : Santoso (2011)

Persen pemanjangan *edible film* pati ganyong termodifikasi lebih tinggi dibanding non modifikasi (Tabel 22). Hal ini disebabkan pati ganyong termodifikasi memiliki struktur molekul pati lebih terbuka sehingga lebih mudah mengikat gliserol dan CMC serta memiliki sifat retrogradasi rendah yang menyebabkan gliserol dan CMC terperangkap dalam struktur pati tersebut. Gliserol dan CMC merupakan senyawa yang banyak mengandung gugus OH. Hal ini berarti terdapat banyak gugus OH yang terperangkap dalam struktur molekul pati ganyong yang merupakan kerangka utama penyusun matrik *edible film*. Gugus OH dalam sistem matrik tersebut berfungsi menurunkan interaksi antar polimer, sehingga daya kohesif matrik film menurun yang mengakibatkan *edible film* lebih elastis. Pareta *et al.* (2006) melaporkan bahwa penggunaan pati termodifikasi sebagai bahan baku *edible film* menurunkan interaksi intermolekul antara rantai polimer yang berdekatan, sehingga *edible film* yang dihasilkan lebih fleksibel.

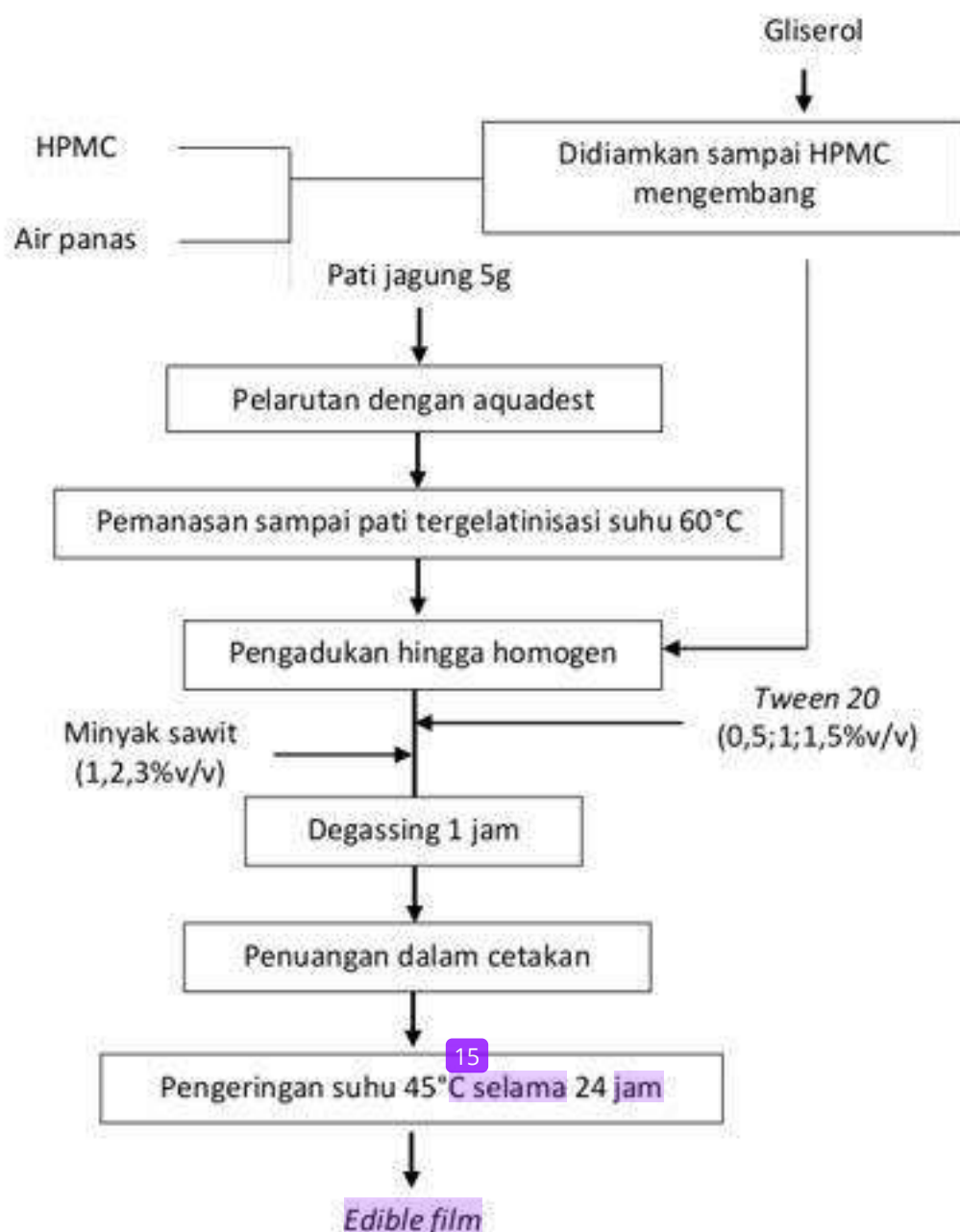
Edible film pati ganyong termodifikasi memiliki kuat tekan lebih besar dibanding non modifikasi (Tabel 22). Hal ini disebabkan pati ganyong termodifikasi memiliki struktur molekul pati yang lebih kuat dikarenakan pengaruh ikatan silang (*cross-linking*) fosfat dari senyawa $POCl_3$ yang mensubstitusi gugus OH molekul pati. Menurut Wurzburg (1989), reaksi ikatan silang dapat memperkuat ikatan hidrogen granula pati.

Laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong termodifikasi lebih rendah dibanding nonmodifikasi. Hal ini disebabkan pati ganyong termodifikasi memiliki sifat lebih hidropobik. Sifat hidropobik pati ganyong ini menyebabkan kemampuan uap air untuk menembus *edible film* menurun. Menurut Wurzburg (1989) reaksi ikatan silang pati dapat meningkatkan sifat hidrofobik pati, stabilitas kekentalan, dan ketahanan pati pada suhu dan gaya gesekan tinggi.

5.9. Edible film komposit berbasis pati jagung

Pati jagung mengandung amilosa sebesar 27% lebih tinggi dibanding pati kentang dan singkong berturut-turut 22% dan 17% (Amaliya dan Putri, 2014) dan mengandung protein zein (Kroetha *et al.*, 1994). Zein merupakan protein yang memiliki kemampuan membentuk *edible film* yang kaku, mengkilap, tahan lecet, dan lemak. Secara teori *edible film* pati jagung memiliki laju transmisi uap air rendah karena pati jagung bersifat hidrokoloid sehingga pati jagung lebih tepat jika digunakan untuk bahan *edible film* komposit.

Proses pembuatan *edible film* pati jagung komposit seperti yang disajikan pada Gambar 35.



Gambar 35. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* komposit pati jagung

Pembuatan *edible film* komposit pati jagung dimulai dengan menyiapkan larutan gliserol dicampurkan dengan HPMC yang telah dilarutkan air panas sebelumnya hingga mengembang. Penambahan kedua komponen bertujuan untuk meningkatkan sifat elastisitas *edible film*. Gliserol maupun HPMC merupakan golongan hidrokoloid yang dapat berikatan dengan molekul H₂O yang mengakibatkan *water holding capacity* (WHC) matrik *edible film* meningkat. Di lain pihak secara bersamaan disiapkan suspensi pati jagung dengan cara 5g pati jagung dimasukkan ke dalam Beaker gelas ukuran 250 mL dan ditambahkan air aquadest sampai tanda batas 100 mL. Setelah pati jagung tergelatinisasi sempurna dicampurkan dengan larutan campuran gliserol dan HPMC sehingga terbentuk ikatan kompleks pati-gliserol-HPMC. Ikatan kompleks ini berpengaruh terhadap peningkatan elastisitas *edible film* karena campuran gliserol dan HPMC dapat menahan laju penguapan air dari dalam matrik *edible film*.

Tahapan selanjutnya penambahan Tween 20 dan minyak sawit. Tujuan penambahan kedua bahan ini untuk menurunkan laju transmisi uap air *edible film*. Telah diketahui bahwa minyak sawit bersifat hidrofobik sedangkan Tween 20 merupakan *emulsifier*. Setelah penambahan kedua bahan ini maka terbentuk ikatan kompleks pati-gliserol-HPMC-Tween 20-minyak sawit. Dari ikatan kompleks ini dapat diuraikan menjadi 3 bagian yaitu komponen hidrokoloid (pati-gliserol-HPMC), komponen *emulsifier* (Tween 20), dan komponen hidrofobik (minyak sawit).

Laju transmisi uap air *edible film* komposit berbasis pati jagung berkisar 7,83–16,87g.m⁻².hari⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan minyak sawit dengan Tween 20. Laju transmisi uap air *edible film* komposit semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi minyak sawit (Tabel 23). Hal ini disebabkan minyak sawit merupakan golongan lipida mengandung asam lemak tidak jenuh yang bersifat hidropobik. *Edible film* komposit yang bersifat hidropobik sulit untuk ditembus uap air. Menurut Kroetha *et al.*, (1994) *edible film* yang terbuat dari komponen lipida memiliki laju transmisi uap air rendah tetapi kaku atau tidak elastis. Asam lemak tak jenuh rantai panjang dalam larutan *edible film* dapat menurunkan nilai laju transmisi uap air karena sifat hidrofobisitas meregulasi komposisi asam

lemak dalam *edible film* sehingga dapat meningkatkan mobilitas struktur *edible film* (Tanaka *et al.*, 2001).

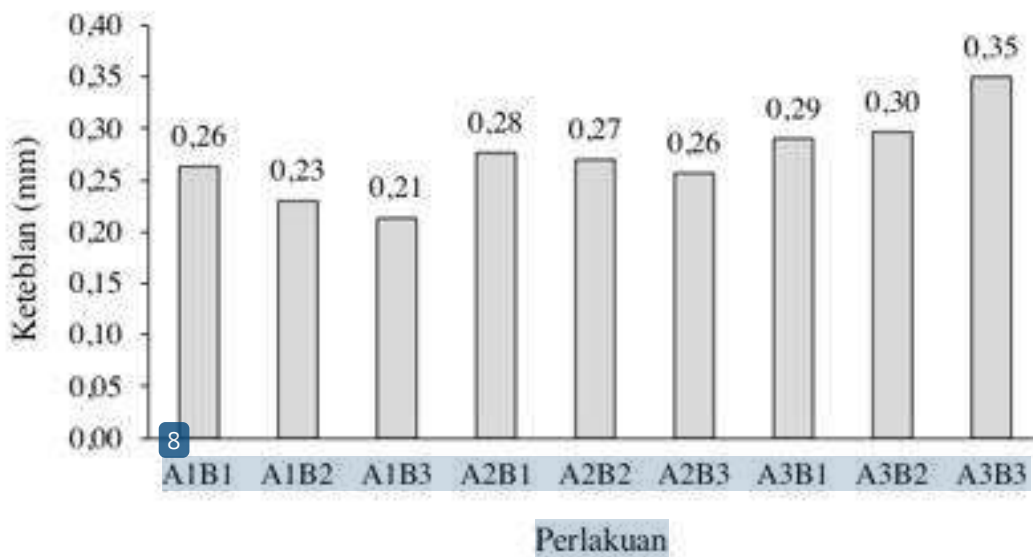
Tabel 23. Pengaruh konsentrasi minyak sawit terhadap laju transmisi uap air dan kadar air *edible film* komposit

Konsentrasi minyak sawit (%v/v)	Laju transmisi uap air (g.m ⁻² .hari ⁻¹)	Kadar air (%)
A ₁ 1	15,80±1,24a	19,53±1,96a
A ₂ 2	12,08±0,73b	15,91±1,14b
A ₃ 3	9,59±1,84c	11,13±1,17c

Sumber : Santoso *et al.* (2018)

Peningkatan jumlah konsentrasi *Tween 20* dalam formulasi *edible film* komposit tidak berpengaruh terhadap laju transmisi uap air *edible film*. Hal ini dikarenakan *Tween 20* merupakan *emulsifier* yang meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol formula matrik *edible film* komposit. Diketahui bahwa matrik *edible film* ini terbentuk dari fase yang berbeda yaitu pati yang merupakan komponen hidrokoloid dan minyak sawit merupakan komponen hidropobik, sehingga untuk menjaga kestabilan matrik *edible film* diperlukan *emulsifier*. Penggunaan *Tween 20* disebabkan fase hidrokoloid lebih besar dibanding fase hidropobik dalam formulasi *edible film* komposit, sehingga penggunaan surfactant *Tween 20* dengan nilai HLB 16,7 lebih tepat.

Ketebalan *edible film* komposit pati jagung berkisar 0,21–0,35 mm dan telah memenuhi standar *Japan International Standard (JIS) 1975* yaitu maksimal 0,25 mm. Nilai rerata ketebalan *edible film* seperti pada Gambar 36.



Sumber : Santoso *et al.*, 2018

Keterangan: A₁ = minyak sawit 1% (v/v), A₂ = minyak sawit 2% (v/v), A₃ = minyak sawit 3% (v/v), B₁ = Tween 20 0,5% (v/v), B₂ = Tween 20 1,0% (v/v), dan B₃ = Tween 20 15% (v/v).

Gambar 36. Nilai rerata ketebalan *edible film* komposit pati jagung

Ketebalan *edible film* terendah pada perlakuan A₁B₃ dengan ketebalan 0,21 mm dan tertinggi A₃B₃ dengan ketebalan 0,35 mm (Gambar 36). Hal ini disebabkan konsentrasi minyak sawit 3% dan emulsifier Tween 20 sebesar 1,5% menunjukkan bahwa semua gugus hidrofobik dari minyak sawit berikatan secara sempurna dengan gugus hidrofobik dari emulsifier Tween 20. Formulasi matrik *edible film* ini terdiri atas 2 fase yang berbeda sifatnya. Pati jagung, gliserol, dan HPMC merupakan fase hidrofilik atau bersifat polar sedangkan minyak sawit adalah fase hidropobik atau non polar. Sehingga untuk membentuk matrik *edible film* yang stabil harus ditambahkan emulsifier yaitu Tween 20 dengan nilai HLB 16,7 yang memiliki dua sifat yaitu bagian kepala bersifat hidrofilik dan bagian ekor bersifat hidropobik. Ikatan yang terbentuk pada matrik *edible film* komposit adalah pati jagung, gliserol, dan HPMC akan saling berikatan membentuk ikatan kompleks dalam matrik *edible film* komposit karena ketiga senyawa ini memiliki sifat yang sama dan gugus yang bebas dari ikatan kompleks ini akan berikatan dengan Tween 20 pada bagian hidrofilik dan bagian

hidropobik akan berikatan dengan asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam minyak sawit. Ikatan kompleks pati jagung-gliseryl-HPMC-Tween 20-minyak sawit berpengaruh⁵¹ terhadap penambahan total padatan matrik *edible film* komposit. Makin tinggi total padatan maka makin meningkatkan⁴³ ketebalan *edible film* komposit yang dihasilkan. Praseyaningrum *et al.* (2010) menjelaskan apabila campuran *edible film* berisi komposisi yang maksimal dari bahan maka akan diperoleh larutan yang sangat kental dan memiliki ketebalan yang lebih tinggi dibanding komposisi yang lain. Debeaufort *et al.* (1995) juga menjelaskan penambahan trigliserida akan meningkatkan ketebalan *edible film* dari 0 sampai 60 μ m. Petersson dan Standing, (2005) menambahkan bahwa ketebalan *edible film* komposit makin meningkat seiring dengan meningkatnya rasio pati kentang dengan monogliserida.

Kuat tekan *edible film* komposit berkisar antara 2,47–5,53gf dan dipengaruhi secara signifikan oleh Tween 20. Hasil uji BNT pengaruh konsentrasi Tween 20 terhadap kuat tekan seperti pada Tabel 24.

Tabel 24. Pengaruh konsentrasi Tween 20 terhadap kuat tekan *edible film* komposit

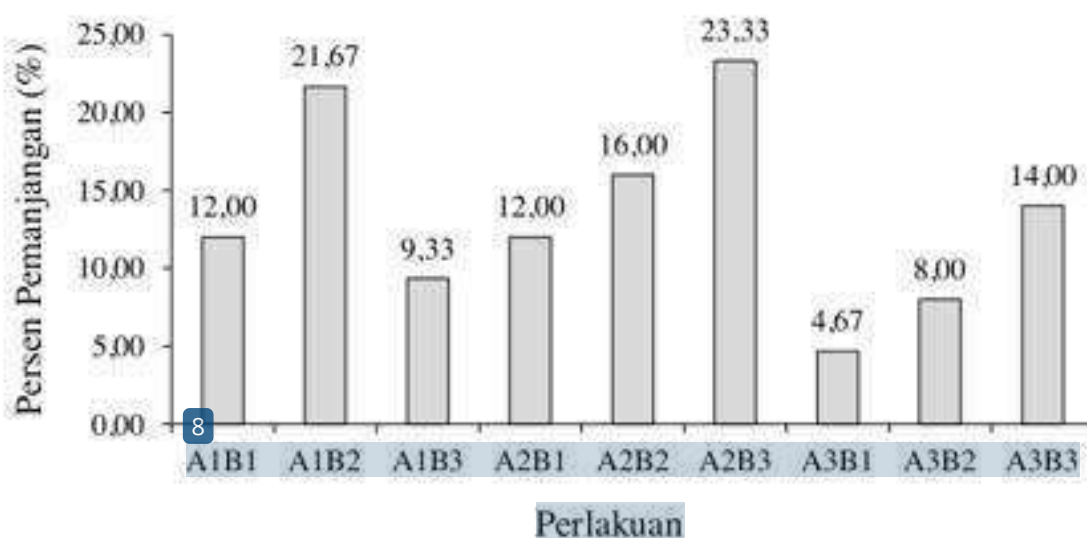
Konsentrasi Tween 20 (%v/v)	Kuat tekan (gf)
B ₁ 0,5	3,38 \pm 1,53a
B ₂ 1,0	5,38 \pm 1,44b
B ₃ 1,5	3,19 \pm 1,11a

Sumber : Santoso *et al.* (2019)

Tween 20 dengan konsentrasi 1%(v/v) menghasilkan kuat tekan *edible film* komposit tertinggi (Tabel 24.). Hal ini dapat dijelaskan bahwa Tween 20 dengan konsentrasi 1%(v/v) dapat menjadi pengemulsi yang tepat dalam formula antara pati jagung (hidrokoloid) dengan minyak sawit (lipida). Dengan konsentrasi Tween 20 yang tepat maka yang terbentuk matrik *edible film* komposit yang kuat, rapat, dan padat. Santoso (2011) menjelaskan bahwa penggunaan *emulsifier* dengan konsentrasi dan jenis yang tepat akan mempengaruhi homogenitas suspensi *film* yang terbentuk. Suspensi *film* yang homogen

akan menghasilkan *edible film* yang rapat, padat dan rata sehingga berpengaruh terhadap sifat mekanis *edible film*. Minyak sawit mengandung asam lemak tidak jenuh berbentuk cair pada suhu kamar. Asam lemak tak jenuh memiliki mobilitas yang baik dari ikatan rangkapnya sehingga asam lemak tidak jenuh menyebar merata dalam matrik *edible film* komposit. Hal ini tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, namun berpengaruh terjadi penurunan laju transmisi uap air.

Persen pemanjangan *edible film* komposit yang diperoleh berkisar antara 4,67–23,33% dan belum memenuhi standar JIS 1975 (minimal persen pemanjangan *edible film* 70%). Nilai rata-rata persen pemanjangan *edible film* komposit disajikan pada Gambar 37.



Gambar 37. Nilai rerata persen pemanjangan *edible film* pati jagung

Nilai rerata persen pemanjangan tertinggi terdapat pada perlakuan A_2B_3 dan terendah pada perlakuan A_3B_1 . Hal ini disebabkan ikatan kompleks dalam matrik *edible film* komposit pada perlakuan A_2B_3 , konsentrasi *Tween 20* lebih tinggi dibanding minyak sawit sehingga pengaruh *Tween 20* lebih dominan dibanding minyak sawit dalam matrik *edible film*. Diketahui bahwa *Tween 20* merupakan *emulsifier* dengan nilai HLB 16,7 yang bersifat hidrofilik. Makin tinggi senyawa hidrofilik persen pemanjangan makin tinggi. Menurut Villalobos *et al.* (2006) mengungkapkan penggunaan *Tween 20* dalam formulasi *edible film* pati kentang dapat meningkatkan persen pemanjangan sebesar

250%. Rodriguez *et al.*, (2006) melakukan kombinasi beberapa jenis *emulsifier*, Tween 20, span 80, dan soy lechitin, dalam pembuatan *edible film* komposit pati kentang dimana gliserol sebagai *plasticizer*. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ketiga jenis *emulsifier* mempunyai pengaruh yang sama dengan gliserol terhadap karakteristik *edible film*.

Sebaliknya interaksi perlakuan A_3B_1 , ikatan kompleks matrik *edible film* komposit senyawa komponen minyak lebih dominan, sehingga persen pemanjangan *edible film* komposit paling rendah. Minyak sawit merupakan golongan lipida ²⁹kin tinggi konsentrasi minyak sawit maka makin rendah persen pemanjangan *edible film* komposit. Jimenez *et al.* (2010) menjelaskan bahwa *edible film* ³⁶ yang dibentuk dari hidroksipropil metilselulosa (HPMC) dengan asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh dapat membentuk *edible film* dengan laju transmisi uap air rendah, namun lebih rapuh atau mudah retak, kurang elastis, warna agak buram, dan kurang mengkilap.

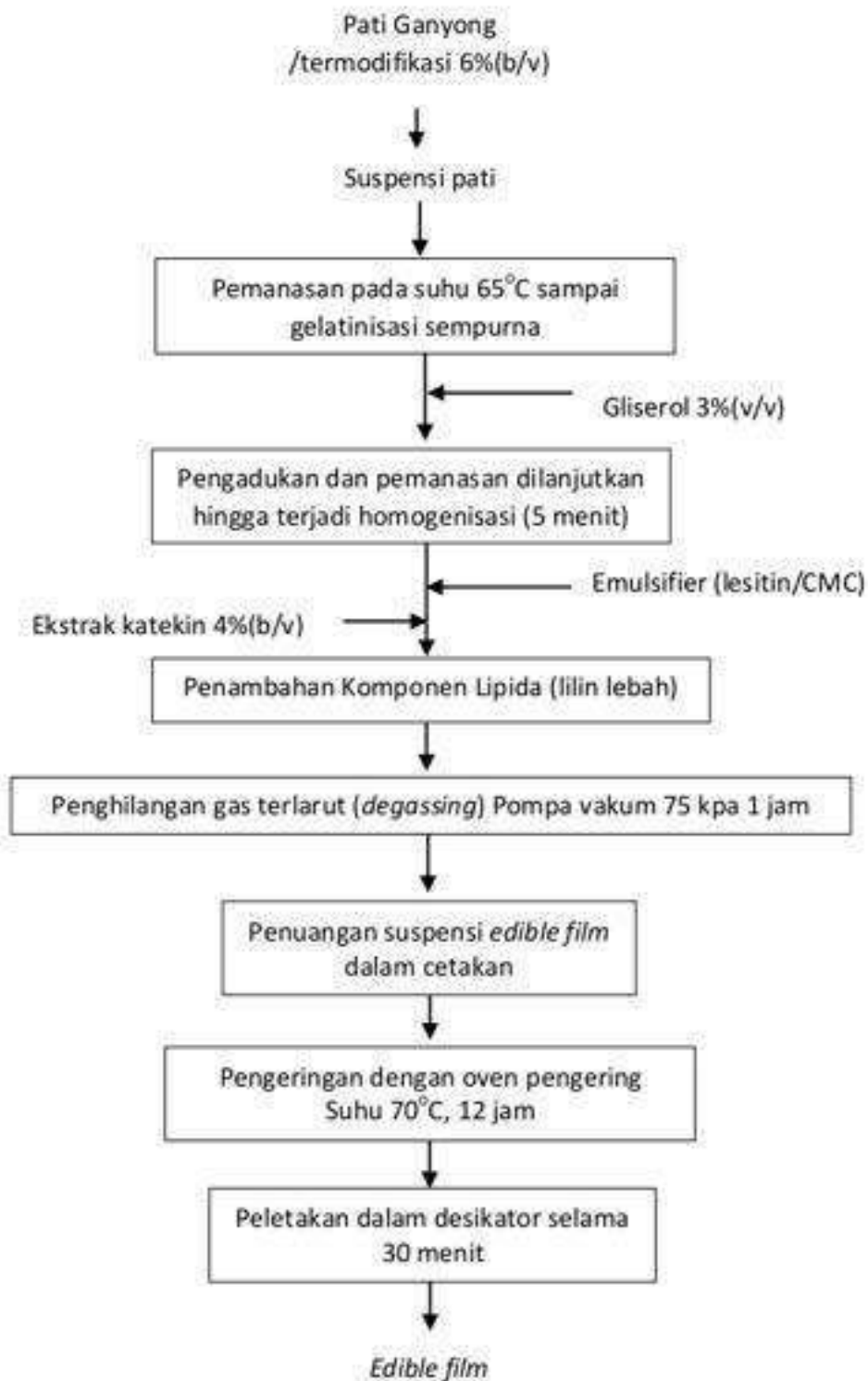
⁴ 5.10. *Edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir

Edible film fungsional merupakan pengembangan dari *edible film* komposit dimana dalam formulasinya ditambahkan senyawa ²²² yang bersifat fungsional yang bersumber bahan alami maupun sintesis seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dengan pengembangan ini, *edible film* yang dihasilkan memiliki sifat antibakteri maupun antioksidan disamping mempunyai sifat fisik dan kimia yang memenuhi JIS 1975.

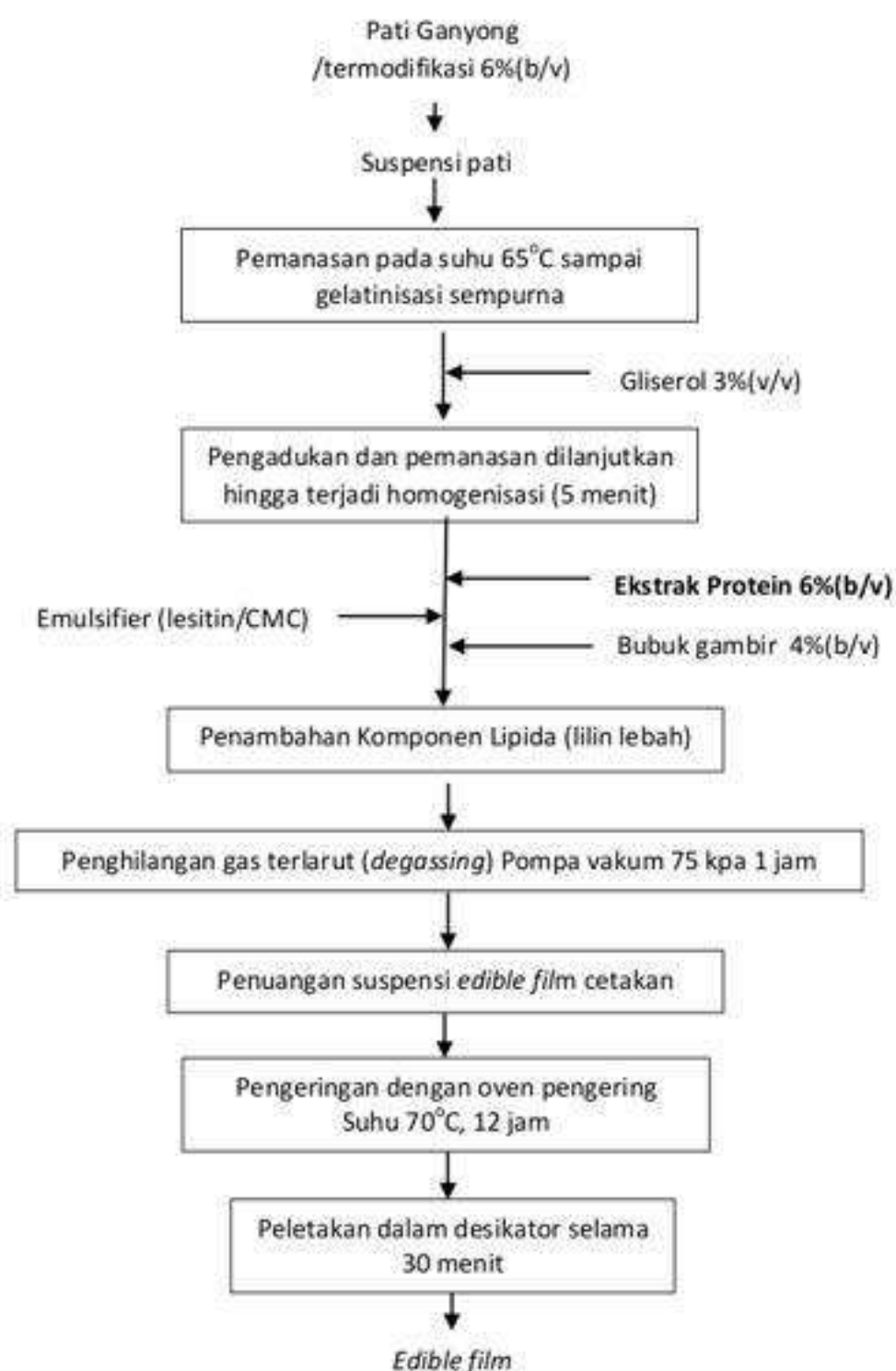
Beberapa faktor yang menentukan kekuatan sifat antibakteri *edible film*, yaitu : 1) metode pembuatan *edible film*, 2) sumber bahan antibakteri, alami atau artificial, dan 3) sifat senyawa aktif dari bahan yang digunakan, antibakteri atau antioksidan. Contoh penggunaan ekstrak gambir sebagai bahan antibakteri dengan senyawa aktif katekin. Sifat antibakteri senyawa katekin terletak pada gugus fungsional hidroksil (OH), semakin banyak gugus OH yang bebas dari senyawa ini dalam sistem ikatan kompleks maka kekuatan antibakterinya semakin meningkat.

Teknologi pembuatan *edible film* antibakteri dengan menggunakan pati ganyong termodifikasi dan non termodifikasi yang inkorporasikan dengan ekstrak gambir (Gambar 38). *Edible film* yang dihasilkan bersifat

antibakteri dengan laju penghambatan terhadap bakteri *Streptococcus aureus* sebesar 0,025 persatuan waktu.



Gambar 38. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* antibakteri berbasis pati ganyong



Gambar 39. Diagram alir proses pembuatan *edible film* komposit antibakteri berbasis pati ganyong



Gambar 40. *Edible film* komposit antibakteri pati ganyong [A] dan pati ganyong termodifikasi [B]

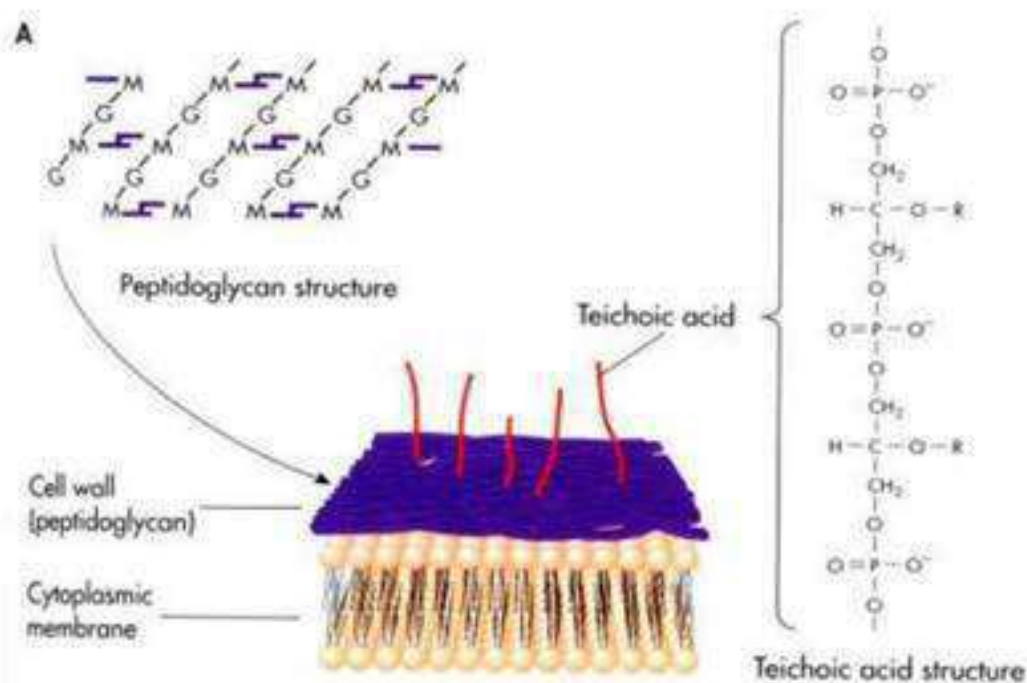
Penambahan ekstrak gambir sebanyak 4%(b/v) dilakukan setelah penambahan CMC ke dalam suspensi pati ganyong termodifikasi atau non termodifikasi mengalami gelatinisasi sempurna. Tujuan penambahan ekstrak gambir setelah kedua tahap ini dimaksudkan agar gugus OH dalam senyawa katekin lebih banyak tersedia secara bebas dalam matrik *edible film*. Untuk mengkondisikan hal ini maka gugus OH pati ganyong harus dikurangi terlebih dahulu dengan cara menambahkan CMC sehingga terjadi ikatan pati-CMC. Dengan demikian, jumlah gugus hidroksil (OH^-) bebas dalam matrik *edible film* relatif sedikit yang dapat berikatan dengan gugus OH^- aktif senyawa katekin dengan demikian jumlah gugus OH^- aktif dari senyawa katekin bebas dalam matrik *edible film* bertambah.

Pembuatan *edible film* seperti pada Gambar 38 sama dengan Gambar 39 namun ada sedikit perbedaan yaitu penambahan ekstrak protein dengan tujuan mengurangi jumlah gugus OH dalam matrik *edible film* yang berpotensi berikatan dengan gugus OH^- dari senyawa katekin.

Ikatan kompleks dalam matrik *edible film* adalah pati-gliserol-protein-senyawa katekin-CMC-lilin lebah. *Edible film* dengan formulasi ini memiliki sifat antibakteri khususnya bakteri Gram-positif dengan laju penghambatan 0.035 persatu waktu. Laju penghambatan bakteri edible film lebih tinggi setelah ditambah ekstrak protein. Hal

ini dikarenakan pengaruh dari ikatan kompleks matrik *edible film* yang menyebabkan gugus fungsional OH molekul pati akan mengikat protein sehingga kemampuan molekul pati berkurang untuk mengikat gugus OH senyawa katekin. Dengan demikian, gugus OH bebas dalam sistem matrik film yang berasal dari senyawa katekin makin bertambah.

Mekanisme senyawa katekin bersifat antibakteri khususnya bakteri Gram-positif adalah gugus OH dari senyawa katekin dapat mengikat membran sel bakteri yang banyak mengandung peptidoglikan. Bakteri Gram-positif mengandung peptidoglikan relatif tebal kurang lebih 40 nm dan letaknya dipermukaan seperti yang disajikan pada Gambar 41.



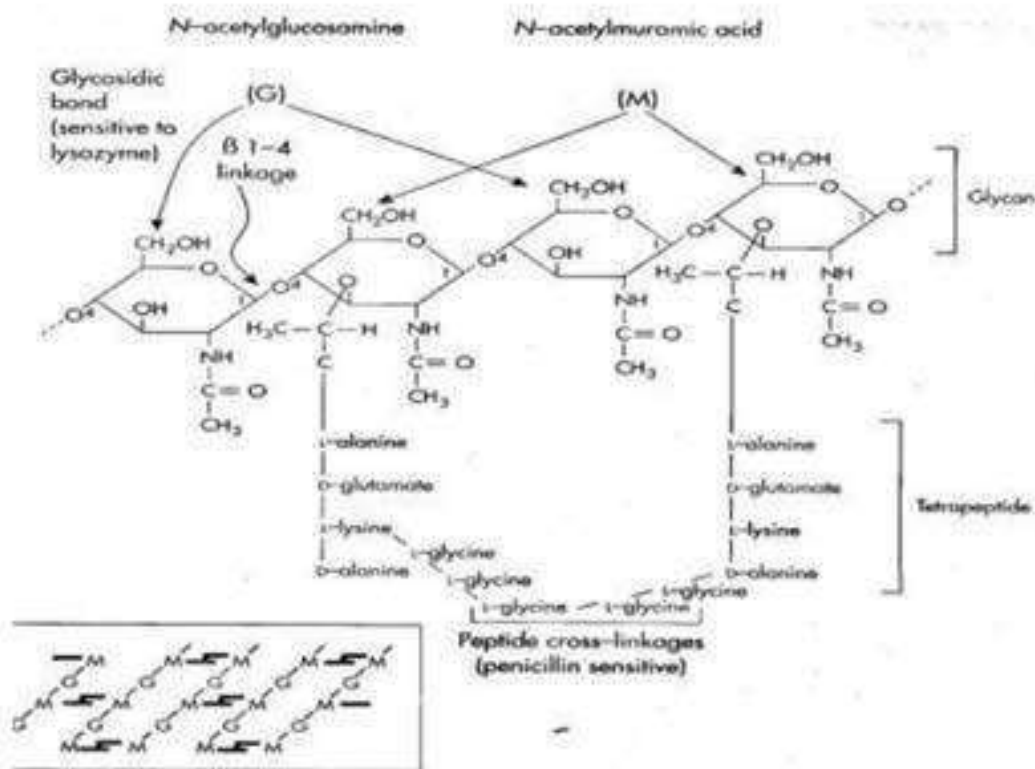
Sumber : Beveridge (1999)

37

Gambar 41. Struktur membran sel bakteri Gram-positif

Peptidoglikan merupakan polimer yang disusun secara bergantian oleh monomer-monomer N-asetilglukosamin dan asam N-asetilmuramat seperti yang disajikan pada Gambar 6.11. Pada polimer tersebut terbentuk ikatan silang tetrapeptida antara monomer asam N-asetilmuramat satu dengan yang lainnya. Ikatan silang tetrapeptida

tersebut merupakan komponen pendukung utama dalam menjaga keutuhan struktur membran sel bakteri Gram-positif. Tetrapeptida terdiri atas asam amino-asam amino seperti alanin, glutamat, dan lisin. Gugus OH bebas dari katekin dapat berinteraksi dengan asam amino-asam amino penyusun tetrapeptida. Akibat dari interaksi tersebut maka asam amino tersebut akan rusak dan selanjutnya tetrapeptida terputus atau lepas dan hal ini menyebabkan kebocoran pada membran sel.

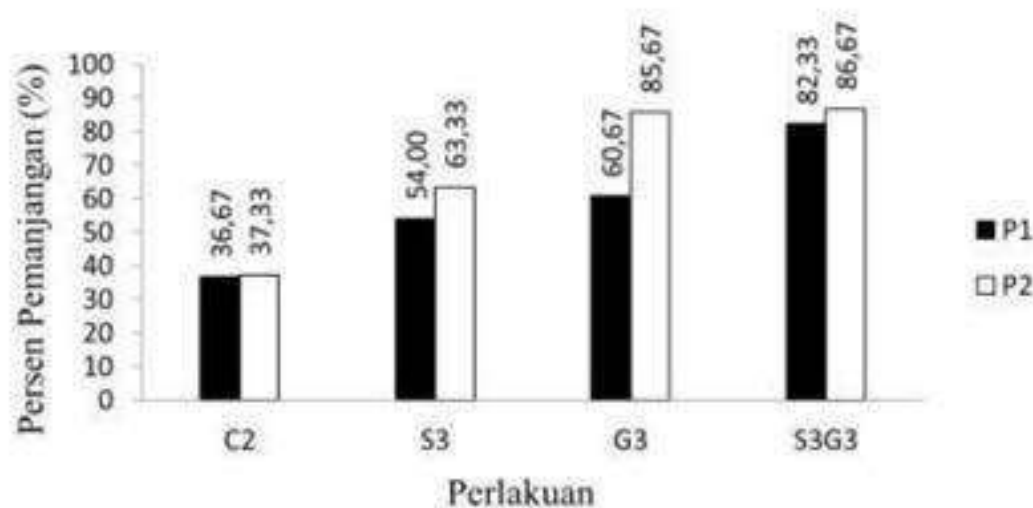


Sumber : Pambayun (2008)

Gambar 42. Struktur polimer peptidoglikan

Penambahan ekstrak gambir dan protein tidak hanya berfungsi sebagai antibakteri namun berpengaruh juga terhadap persen pemanjangan, kuat tekan, dan laju transmisi uap air *edible film*. Persen pemanjangan *edible film* mengalami peningkatan setelah dilakukan penambahan ekstrak gambir dan protein (Gambar 43). hal ini dipengaruhi oleh pengikatan molekul air melalui gugus OH dan NH₂ yang dimiliki oleh senyawa katekin dan protein sehingga terjadi

peningkatan *water holding capacity* matrik *edible film* yang berdampak pada bertambahnya elastisitas *edible film* yang dihasilkan. Selain itu, persen pemanjangan *edible film* pati ganyong termodifikasi lebih tinggi dibanding pati ganyong non termodifikasi. Telah diungkapkan sebelumnya bahwa pati ganyong termodifikasi memiliki struktur terbuka sehingga senyawa katekin dan ekstrak protein lebih mudah untuk berinteraksi membentuk ikatan kompleks pati-protein-katekin.



Keterangan:

P₁ = pati ganyong non modifikasi

S₃ = Ekstrak Protein 6% (v/v)

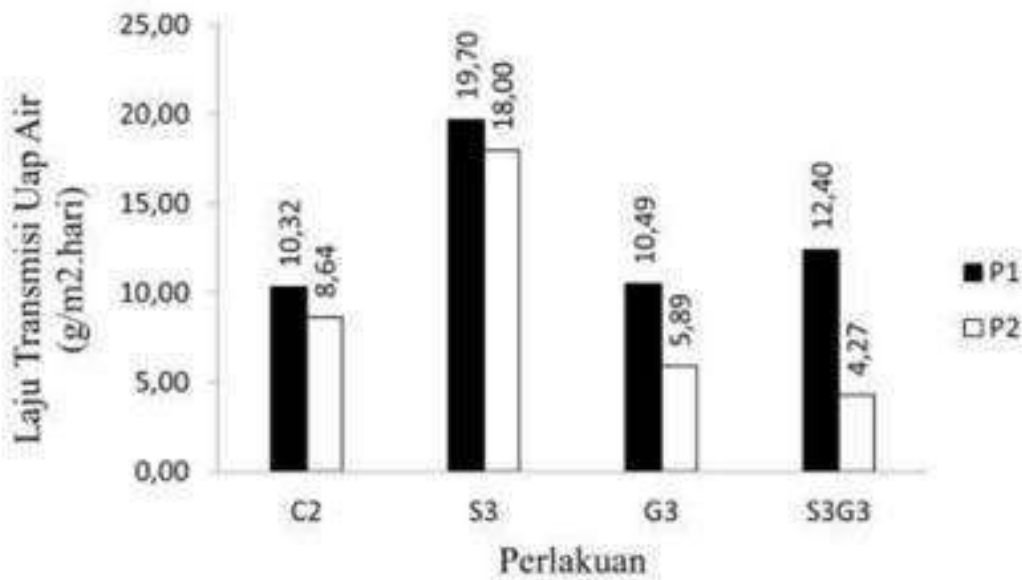
P₂ = pati ganyong termodifikasi

G₃ = Ekstrak Gambir 4% (b/v)

C₂ = CMC 2% (b/v)

Gambar 43. Pengaruh penambahan senyawa katekin dan ekstrak protein terhadap persen pemanjangan *edible film*

Pengaruh penambahan senyawa katekin dan ekstrak protein terhadap laju transmisi uap air *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 44. Laju transmisi uap air *edible film* semakin meningkat dengan penambahan senyawa katekin dan ekstrak protein karena kedua bahan biopolimer ini cenderung bersifat hidrofilik, senyawa katekin bersifat semipolar sedangkan ekstrak protein juga bersifat hidrofilik. Dengan sifat ini membuat *edible film* mudah ditembus oleh uap air.



Keterangan:

P₁ = pati ganyong sebelum modifikasi

S₃ = Ekstrak Protein 6% (v/v)

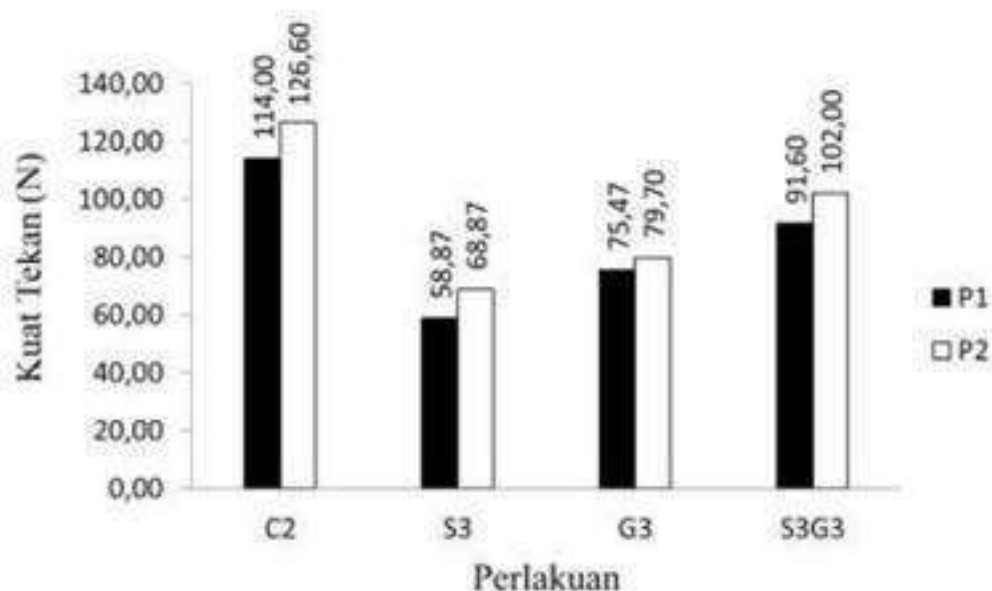
P₂ = pati ganyong setelah modifikasi

G₃ = Ekstrak Gambir 4% (b/v)

C₂ = CMC 2% (b/v)

Gambar 44. Pengaruh penambahan bubuk gambir dan ekstrak protein terhadap laju transmisi uap air *edible film*

Di lain pihak, penambahan ekstrak gambir yang dikombinasikan dengan ekstrak protein dapat menurunkan laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong termodifikasi namun non modifikasi tidak terjadi (Gambar 48). Senyawa katekin dan protein lebih mudah membentuk ikatan kompleks dan berfungsi sebagai bahan pengisi dalam matrik *edible film* karena pati ganyong termodifikasi memiliki struktur terbuka. Hal ini berpengaruh terhadap peningkatan kerapatan dan ketebalan *edible film* sehingga semakin sulit ditembus oleh uap air.



Keterangan:

P₁ = pati ganyong sebelum modifikasi

P₂ = pati ganyong setelah modifikasi

C₂ = CMC 2% (b/v)

S₃ = Ekstrak Protein 6% (v/v)

G₃ = Ekstrak Gambir 4% (b/v)

Gambar 45. Nilai rerata kuat tekan *edible film* pati ganyong termodifikasi dan non termodifikasi dengan penambahan ekstrak protein, gambir, dan kombinasi keduanya

63

Edible film berbasis pati ganyong termodifikasi yang dinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan protein memiliki kuat tekan tertinggi seperti yang disajikan pada Gambar 45. Hal ini dapat dijelaskan secara fisik dan kimia. Secara fisik, telah dijelaskan sebelumnya bahwa pati ganyong termodifikasi merupakan kerangka utama matrik *edible film* yang memiliki struktur molekul terbuka dan kuat dimana ekstrak gambir dan protein bertindak sebagai bahan pengisi matrik tersebut yang menyebabkan kepadatan *edible film* meningkat, semakin padat *edible film* maka kuat tekan juga akan meningkat.

Secara kimia, di dalam matrik *edible film* terbentuk ikatan kompleks antara pati-gliserol-protein-gambir-CMC-lilin lebah. Gugus -

12

OH molekul pati khususnya amilosa pada atom C nomor 2 yang tidak disubstitusi oleh gugus fosfat dari senyawa POCl_3 berikatan dengan gugus -OH dari gliserol. Gugus -OH gliserol lainnya berikatan dengan gugus $-\text{NH}_2$ molekul protein sedangkan gugus $-\text{COOH}$ molekul protein mengikat gugus -OH senyawa katekin dari ekstrak gambir. Gugus -OH senyawa katekin yang lain membentuk ikatan dengan gugus hidroksil dari sisi polar molekul CMC sedangkan sisi non polar molekul CMC berikatan dengan lilin lebah. Matrik *edible film* yang padat dengan ikatan kompleks di dalamnya sangat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan *edible film*.

Tabel 25. Karakteristik *edible film* pati ganyong dengan penambahan surfaktan CMC 2%, ekstrak protein belut sawah 6%, ekstrak gambir 4%, dan kombinasi.

No	Karakteristik <i>edible film</i>	Jenis <i>edible film</i>			
		Surfaktan CMC 2%	Ekstrak protein	Ekstrak gambir	Kombinasi
1	a_w	0,46	0,42	0,47	0,49
2	Ketebalan (mm)	0,23	0,23	0,24	0,26
3	Persen pemanjangan (%)	36,67-44,00	43,33-63,33	52,00-85,67	53,33-86,67
4	Kuat tekan (Newton)	106,53-131,33	51,09-68,87	70,13-79,70	91,07-102,00
5	Kelarutan (%)	49,52	79,97	77,52	78,00
6	Laju transmisi uap air ($\text{g m}^{-2} \cdot \text{hari}^{-1}$)	6,37-11,00	18,00-22,95	5,89-11,44	4,27-27,51

Sumber : Santoso (2011)

Karakteristik *edible film* pati ganyong termodifikasi dengan penambahan surfaktan CMC, ekstrak protein belut sawah, ekstrak gambir dan kombinasi ketiga bahan ini seperti yang disajikan pada Tabel 25.

Tabel 26 menunjukkan bahwa nilai a_w *edible film* berkisar antara 0,42 hingga 0,49. Dengan nilai a_w ini, *edible film* ini aman dari kerusakan yang disebabkan oleh mikrobia. Ketebalan *edible film* mempunyai kisaran 0,23 hingga 0,26 mm. Persen pemanjangan dan nilai kelarutan *edible film* surfaktan CMC 2% mengalami peningkatan

setelah penambahan ekstrak protein belut sawah, ekstrak gambir, dan kombinasi keduanya. Semakin tinggi persen pemanjangan berarti *edible film* semakin elastis. Semakin tinggi kuat tekan semakin tahan *edible film* tersebut terhadap kerusakan mekanis. Kelarutan *edible film* dalam air sangat diperlukan, karena bahan kemasan ini dapat dimakan sehingga diharapkan mudah larut dalam mulut manusia. Laju transmisi uap air *edible film* berkisar antara 4,27 hingga 27,51 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hari}^{-1}$. Semakin rendah laju transmisi uap air semakin bagus, karena *edible film* lebih tahan terhadap kerusakan oleh pengaruh uap air.

18

Tabel 26. Perbandingan karakteristik *edible film* hasil penelitian yang telah dilakukan dengan *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975*.

No	Karakteristik <i>edible film</i>	<i>Edible film</i> pati setelah dimodifikasi kombinasi ekstrak protein dan gambir	Standar (Grade) JIS 1975
1	a_w	0,49	-
2	Ketebalan (mm)	0,26	Max 0,25
3	Persen pemanjangan (%)	53,33 - 86,67	Min 70 (6-7)
4	Kuat tekan (Newton)	91,07 - 102,00	Min 100 (4-5)
5	Kelarutan (%)	78,00	-
6	Laju transmisi gas O_2 ($\text{mL}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$)	2,11	Max 5 (5)
7	Laju transmisi uap air ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{hari}$)	4,27 - 27,51	Max 5 (5-11)

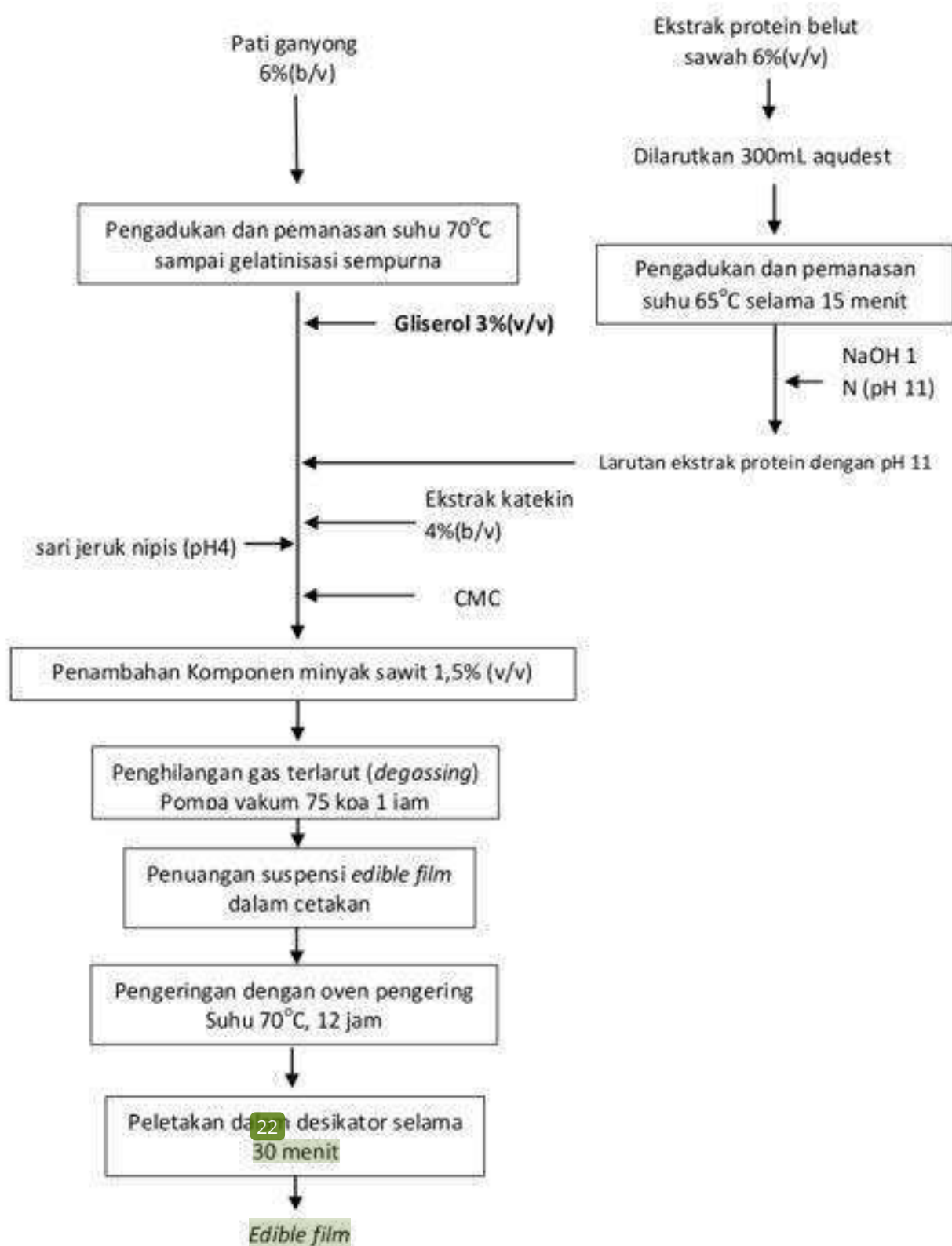
Sumber : Santoso (2011)

Tabel 26 menunjukkan bahwa berdasarkan JIS 1975 karakteristik *edible film* pati ganyong dengan formulasi CMC 2% dan kombinasi ekstrak protein belut sawah 6% dan ekstrak gambir 4% termasuk *grade* 4-11.

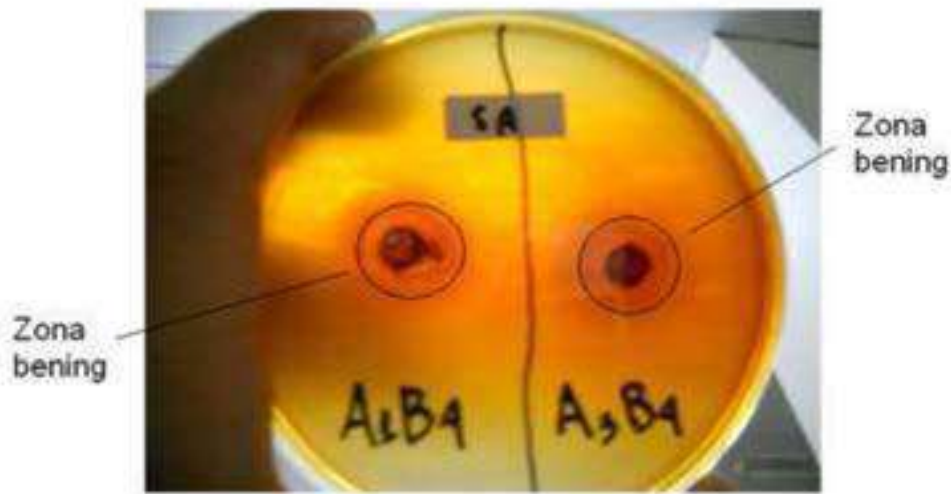
5.11. Peningkatan sifat antibakteri *edible film* melalui modifikasi pH

Modifikasi pH dalam teknologi proses pembuatan *edible film* bertujuan untuk meningkatkan sifat antibakteri khususnya senyawa aktif yang digunakan. Sebagai contoh penggunaan ekstrak gambir dimana senyawa aktifnya adalah katekin dengan kestabilan optimal pada pH 2,8-4,9.

Di lain pihak, pengaturan pH juga dilakukan sebelum penambahan ekstrak protein (pH 11). Diketahui bahwa pH 11 adalah pH yang mendekati pH isoelektris (PI) asam amino lisin yang terdapat dalam ekstrak protein belut sawah, yaitu 9,74 (Fennema, 1988). Pada saat kondisi PI protein akan mengalami presipitasi akibatnya afinitas protein terhadap senyawa katekin berkurang. Selain itu, akibat dari terbentuknya ikatan kompleks antara pati-protein-katekin, gugus fungsional -OH molekul pati akan mengikat protein sehingga kemampuan molekul pati juga berkurang untuk mengikat gugus -OH senyawa katekin. Dengan demikian, jumlah gugus -OH bebas dari senyawa katekin dalam sistem matrik *edible film* meningkat.



Gambar 46. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* antibakteri dengan modifikasi pH



Gambar 47. Daerah daya hambat (zona bening) bakteri *Staphylococcus aureus*

Karakteristik *edible film* yang dihasilkan dari teknologi proses pembuatan *edible film* seperti pada Gambar 47 adalah laju transmisi uap air $7,09\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hari}^{-1}$, ketebalan $0,28\text{mm}$, dan persen pemanjangan 80% , serta nilai diameter daya hambat (DDH) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* $2,79\text{mm}$ (Gambar 6.16). Pengaruh pengaturan pH terhadap pembentukan sifat antibakteri *edible film* dapat dijelaskan melalui tiga mekanisme, yaitu: 1) pH 2,8-4,9 merupakan pH optimal senyawa katekin stabil sebagai antibakteri, 2) pada kondisi titik pH isoelektris protein mengalami presipitasi yang mengakibatkan afinitas protein menurun terhadap senyawa katekin sehingga menambah jumlah gugus $-\text{OH}$ senyawa katekin bebas dalam matrike *edible film*, dan 3) penambahan CMC dilakukan sebelum penambahan ekstrak gambir dengan tujuan agar gugus $-\text{OH}$ molekul CMC dapat mengikat gugus OH baik dari pati maupun ekstrak protein sehingga dapat mengurangi jumlah gugus $-\text{OH}$ bebas berikatan dengan gugus $-\text{OH}$ senyawa katekin.

235

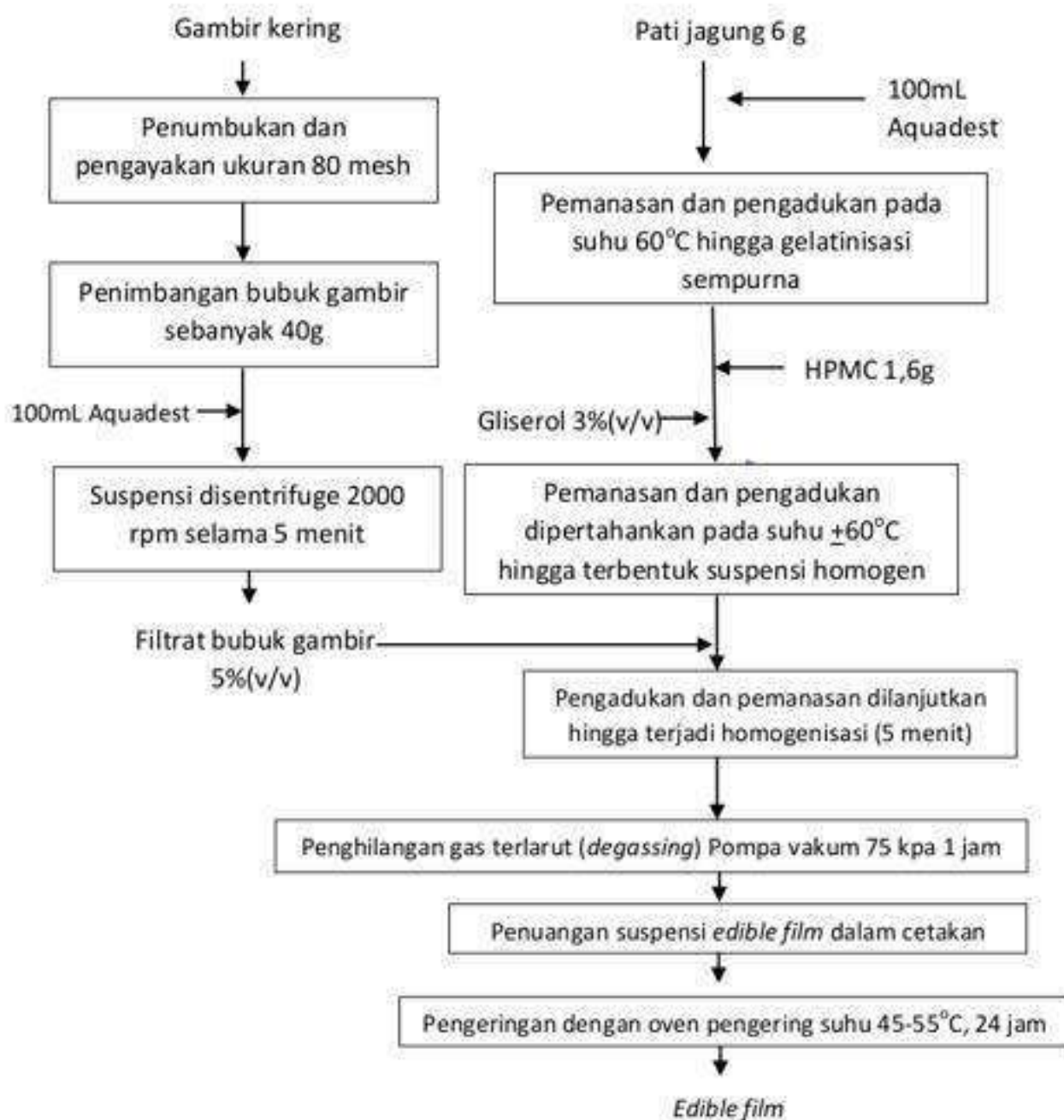
5.12. *Edible film* berbasis pati jagung dengan ekstrak filtrat gambir

2

Edible film berbasis pati jagung yang diinkorporasikan dengan ekstrak filtrat gambir bertujuan untuk menghasilkan *edible film* yang bersifat antibakteri. Dalam penjelasan sebelumnya menggunakan ekstrak gambir

juga menghasilkan *edible film* bersifat antibakteri, namun sifat antibakteri yang dihasilkan relatif rendah dan jika ditingkatkan konsentrasi ekstrak gambir maka berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Untuk itu, ekstrak gambir perlu difiltrasi dengan tujuan mengambil senyawa katekin dan mengurangi jumlah padatan. Peningkatan konsentrasi filtrat gambir dalam formulasi *edible film* tidak berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*.

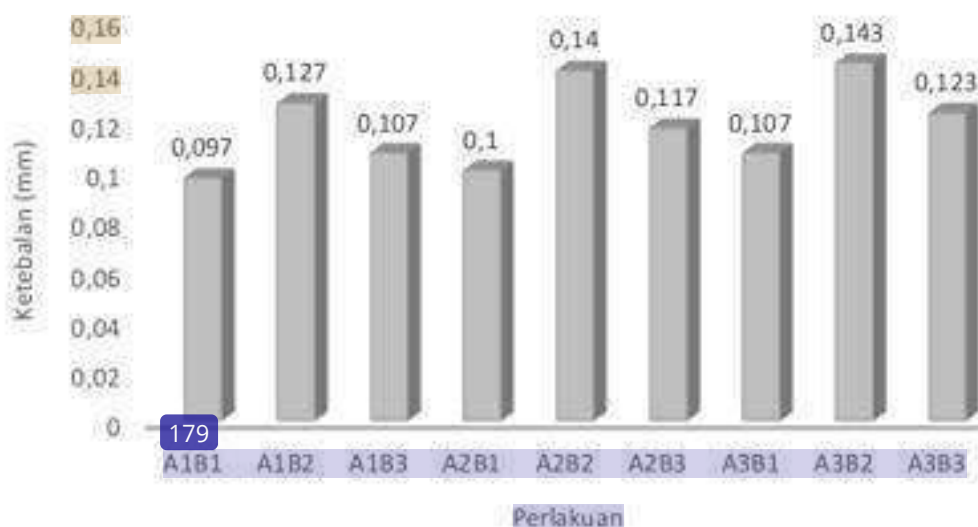
Teknologi proses pembuatan *edible film* berbasis pati jagung yang diinkorporasikan dengan ekstrak filtrat gambir seperti Gambar 48.



Gambar 48. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* antibakteri berbasis pati jagung

61

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan berkisar antara 0,097-0,143mm dan ketebalan ini telah memenuhi standar JIS 1975, maksimum 0,25mm. Nilai rerata ketebalan *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 49.



179

Perlakuan

5

Keterangan: filtrat dengan konsentrasi filtrat gambir (A): $A_1 = 20\%$, $A_2 = 30\%$, dan $A_3 = 40\%$ (b/v) dan metode pemisahan campuran (B): $B_1 =$ kertas saring, $B_2 =$ Sentrifuge 1000 rpm, dan $B_3 =$ Sentrifuge 2000 rpm.

Sumber : Santoso *et al.*, 2019

Gambar 49. Nilai rerata ketebalan *edible film* antibakteri berbasis pati jagung

1

Tabel 27. Pengaruh filtrat bubuk gambir terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, IC_{50} , dan diameter daya hambat (DDH) *edible film*

Filtrat ekstrak gambir (%)	Ketebalan (mm)	Persen Pemanjangan (%)	Laju transmisi uap air $g.m^{-2}.hari^{-1}$	IC_{50} (ppm)	DDH (mm)
A_1	0,110a	14,78a	20,9993a	413,25a	28,56a
A_2	0,119b	15,11ab	21,3136b	368,31b	29,00ab
A_3	0,124b	15,67a	21,6282c	341,38c	29,33b

203

Sumber : Santoso *et al.*, 2019

Ketebalan *edible film* semakin meningkat dengan semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir. Hal ini disebabkan filtrat ekstrak gambir mengandung senyawa katekin yang bersifat tidak mudah larut dalam air dingin hanya larut dalam air panas dan membentuk kristal pada kondisi kering. Bentuk kristal senyawa katekin pada kondisi kering merupakan padatan terlarut dalam *edible film*. Semakin tinggi filtrat ekstrak gambir akan menyebabkan semakin banyaknya kristal dalam matriks *film* yang mengakibatkan padatan terlarut dalam *edible film* semakin banyak sehingga berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan *edible film*. Namun peningkatan ketebalan *edible film* ini tidak berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia *edible film* khusus ketebalan dalam memenuhi standar JIS 1975.

Tabel 28. Pengaruh metode pemisahan campuran terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, IC₅₀, dan Diamater daya hambat (DDH) *edible film* yang dihasilkan.

Metode pemisahan campuran	Ketebalan (mm)	Persen Pemanjangan (%)	Laju transmisi uap air g.m ⁻² .hari ⁻¹	Total fenol (mg/L)	IC ₅₀ (ppm)	DDH (mm)
B ₁	0,101a	13,67a	20,8524a	114,77a	419,16a	27,56a
B ₂	0,137c	16,11b	21,9217c	152,67c	304,35c	30,22c
B ₃	0,116b	15,78b	21,1670b	123,76b	399,43b	29,11b

Sumber: Santoso *et al.*, 2019

Tabel 28 menunjukkan bahwa ketebalan *edible film* dengan metode pemisahan campuran kertas saring lebih rendah dibanding dengan metode pemisahan campuran sentrifugasi baik 1000 rpm maupun 2000 rpm. Hal ini disebabkan pemisahan menggunakan kertas saring pada prinsipnya memisahkan cairan dan padatan yang tidak larut berdasarkan pada perbedaan ukuran partikel zat-zat yang bercampur. Dengan demikian hanya padatan terlarut yang ada dalam filtrat ekstrak gambir. Metode pemisahan sentrifugasi hanya berdasarkan partikel halus yang terpisah dan tidak memisahkan padatan terlarut maupun tidak terlarut, sehingga filtrat yang diperoleh dari pemisahan sentrifugasi didalamnya terdapat padatan terlarut maupun yang tidak larut. Kandungan total padatan dalam filtrat mempengaruhi peningkatan ketebalan *edible film*. Park *et al.* (2004) menjelaskan

bahwa ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh total padatan yang terdapat dalam suspensi, volume larutan, dan luas cetakan yang digunakan.

Persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan sebesar 13,33% hingga 16,67%. Berdasarkan standar JIS 1975 persen pemajangan *edible film* minimal 70%, jika dibandingkan standar JIS persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan tidak memenuhi standar. Hal ini disebabkan pati jagung yang digunakan mengandung komponen amilosa tinggi. Persen pemanjangan tertinggi terdapat pada perlakuan A₃B₂ dan A₁B₁ terendah. Nilai rata-rata persen pemanjangan *edible film* seperti pada Gambar 50.

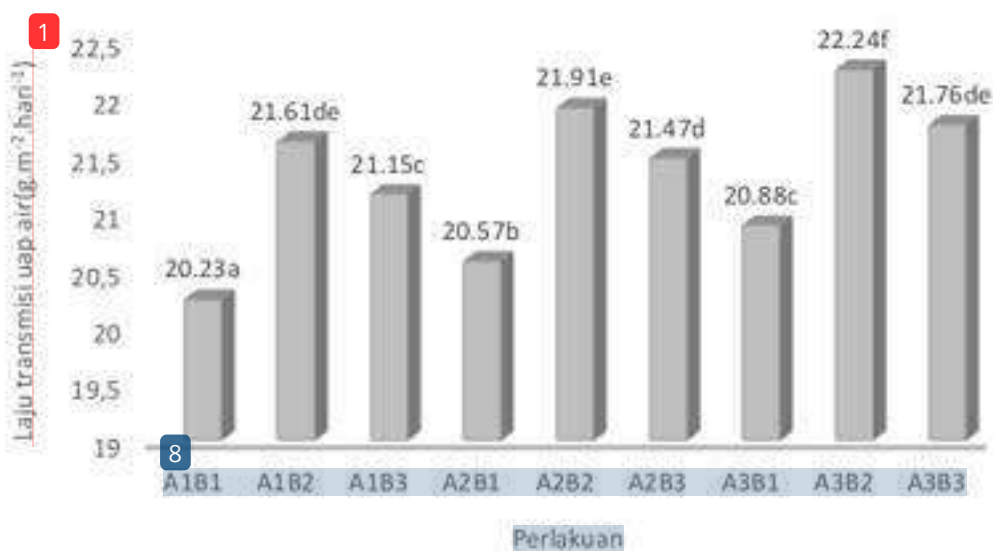
Persen pemanjangan *edible film* semakin meningkat dengan makin tingginya konsentrasi filtrat ekstrak gambir (Tabel 27). Hal ini disebabkan filtrat ekstrak gambir mengandung senyawa katekin yang didalamnya terdapat gugus aktif hidroksil (-OH). Makin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir maka makin banyak gugus -OH yang terperangkap dalam matrik *edible film*. Gugus OH yang terperangkap dapat menyebabkan daya kohesif matrik *edible film* menurun yang pada akhir berpengaruh terhadap elastisitas *edible film*. Menurut Rodriguez *et al.*, (2006) bahwa gliseral banyak mengandung gugus hidroksil (-OH) dalam sistem matrik *edible film* dapat meningkatkan laju transmisi uap air dan persen pemanjangan *edible film*.



Gambar 50. Nilai rata-rata persen pemanjangan *edible film* berbasis pati jagung yang dinkorporasikan dengan filtrate ekstrak gambir

Tabel 28 menunjukkan bahwa metode pemisahan campuran menggunakan kertas saring, persen pemanjangan *edible film* lebih rendah dibandingkan dengan metode pemisahan campuran dengan sentrifugasi. Hal ini berkaitan dengan senyawa katekin yang terdapat dalam filtrat ekstrak gambir yang bersifat semipolar. Dengan sifat ini filtrat ekstrak gambir yang diperoleh dari metode pemisahan campuran dengan kertas saring hanya terdapat senyawa katekin yang terlarut sedangkan metode pemisahan campuran dengan sentrifugasi senyawa katekin yang tidak terlarut maupun terlarut akan terikat sehingga senyawa katekin dengan metode sentrifugasi lebih tinggi.

Laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan berkisar 20,23 hingga 22,24 $\text{g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* paling tinggi terdapat pada perlakuan A_3B_2 dan terendah A_1B_1 . Nilai rerata laju transmisi uap air *edible film* seperti pada Gambar 51.



Gambar 51. Nilai rerata laju transmisi uap air *edible film*

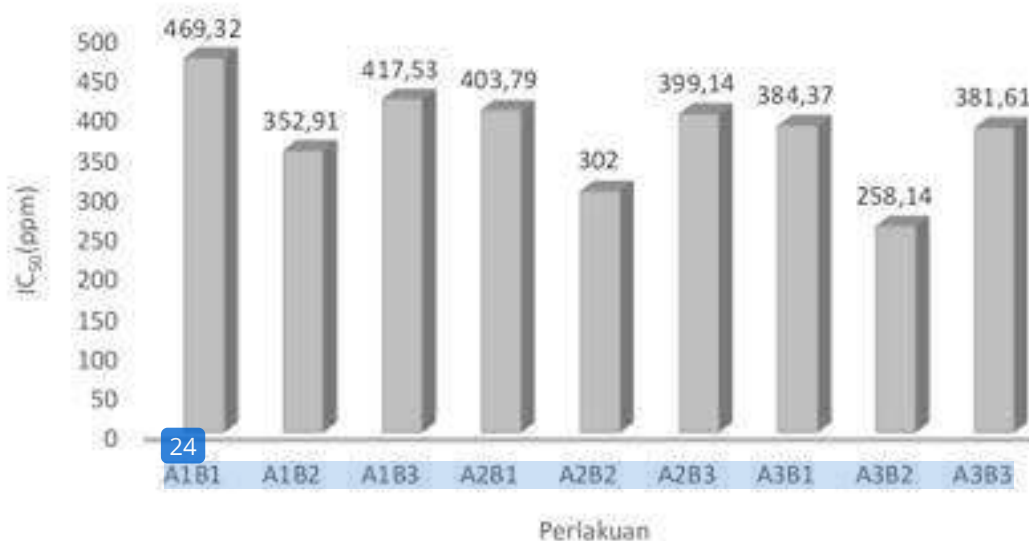
Tabel 27 memperlihatkan bahwa makin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir makin tinggi laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. Hal ini berkaitan dengan jumlah senyawa katekin, makin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir maka makin banyak senyawa katekin dalam matrik film. Diketahui bahwa senyawa katekin mengandung gugus hidroksil (-OH) yang menyebabkan *edible film* bersifat hidrofilik dan hal ini berpengaruh terhadap peningkatan nilai

11 transmisi uap air *edible film*. Sobral *et al.* (2005) menjelaskan bahwa kadar gliserol dalam 7 formulasi *edible film* berpengaruh signifikan dalam meningkatkan laju transmisi uap air.

Tabel 28 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* perlakuan metode pemisahan campuran dengan *sentrifuge* 1000 rpm dan *sentrifuge* 2000 rpm berbeda nyata dengan metode pemisahan campuran dengan kertas saring. Hal ini diduga perbedaan metode pemisahan campuran menyebabkan perbedaan kandungan katekin yang terdapat dalam *edible film*. Semakin banyak katekin dalam *edible film* akan menyebabkan banyaknya gugus hidroksil (-OH) pada matriks *edible film*, banyaknya gugus hidroksil menyebabkan terjadinya penurunan interaksi intermolekular antar polimer, meningkatkan ruang bebas antar polimer dan meningkatkan mobilitas polimer. Akibat dari beberapa pengaruh tersebut maka 1 integritas struktur matrik *film* turun dan berdampak pada peningkatan laju transmisi uap air *edible film*.

Interaksi perlakuan konsentrasi filtrate ekstrak gambir 15 20% dengan metode pemisahan dengan kertas saring menghasilkan *edible film* dengan nilai rata-rata laju transmisi uap terendah (Gambar 51). Hal ini disebabkan kandungan katekin pada perlakuan A₁B₁ terendah dibanding perlakuan lainnya 14. Kandungan senyawa katekin konsentrasi rendah dalam matrik *edible film* berpengaruh terhadap penurunan laju transmisi uap air karena senyawa katekin menyumbang 92 gugus -OH yang berpengaruh terhadap peningkatan hidrofilik *edible film*. Menurut Nemet *et al.* (2019) 92 gliserol dengan gugus hidroksilnya mempengaruhi peningkatan laju transmisi uap air.

Nilai IC₅₀ *edible film* paling tinggi terdapat pada perlakuan A₁B₁ sebesar 4 258,14 ppm dan terendah pada perlakuan A₃B₂ sebesar 469,32 ppm. Nilai IC₅₀ berbanding terbalik dengan potensi peredaman radikal bebas. Rendahnya nilai IC₅₀ yang didapatkan menyebabkan potensi aktivitas antioksidan semakin besar, artinya konsentrasi *edible film* yang dibutuhkan untuk menghasilkan aktivitas peredaman radikal bebas sebesar 50% semakin kecil (Molyneux, 2004). Nilai rata-rata IC₅₀ seperti pada Gambar 52.



Gambar 52. Nilai rata-rata IC₅₀ edible film

Semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir dalam matrik *edible film* nilai IC₅₀ makin rendah dengan kata lain makin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir, sifat antioksidan *edible film* makin tinggi (Tabel 28). Hal ini dikarenakan senyawa katekin yang dalam filtrat ekstrak gambir bersifat antioksidan. Ekstrak gambir mengandung katekin sebagai komponen utamanya yang berupa senyawa polifenol yang berpotensi sebagai antioksidan dan antibakteri (Lucida *et al.*, 2007).

Tabel 28 menunjukkan bahwa metode pemisahan campuran dengan sentrifugasi 1000 rpm menghasilkan *edible film* dengan aktivitas antioksidan lebih tinggi dibanding perlakuannya. Hal ini berhubungan dengan jumlah senyawa katekin yang ada dalam filtrat ekstrak gambir. Pemisahan campuran sentrifugasi 1000 rpm lebih tinggi konsentrasi senyawa katekin dalam filtrat karena komponen larut dan tidak larut masih terikat dalam filtrat sedangkan pemisahan campuran penyaringan dan sentrifugasi 2000 rpm padatan yang larut saja yang masuk dalam filtrat. Secara fisik perbedaan ini terlarut dari warna filtrat yang dihasilkan dimana filtrat dengan metode pemisahan sentrifugasi 1000 rpm lebih jernih dibanding kedua perlakuan lainnya.

Uji aktivitas antibakteri *edible film* melalui metode cakram dengan menggunakan bakteri uji *Staphylococcus aureus*. Nilai rerata zona bening atau diameter daya hambat (DDH) yang terbentuk berkisar

27,33 hingga 30,67 mm. Nilai rata-rata diameter daya hambat (DDH) seperti pada Gambar 53.



Gambar 53. Nilai rerata diameter daya hambat *edible film*

Tabel 27 Aktivitas antibakteri *edible film* semakin meningkatkan seiring dengan meningkatnya konsentrasi filtrat ekstrak gambir. Hal ini sebabkan filtrat ekstrak gambir mengandung senyawa katekin dimana senyawa ini bersifat antibakteri. Menurut Pambayun (2012) senyawa katekin dalam ekstrak gambir komersial dapat menghambat bakteri Gram-positif dengan sifat penghambatan sebagai bakterisida. Tabel 28 menampilkan bahwa metode pemisahan campuran sentrifugasi 1000 rpm memiliki sifat antibakteri lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal ini sejalan dengan sifat antioksidan *edible film* yang dihasilkan. Semakin tinggi antioksidan maka sifat antibakteri semakin tinggi karena senyawa katekin bersifat antibakteri dan antioksidan.

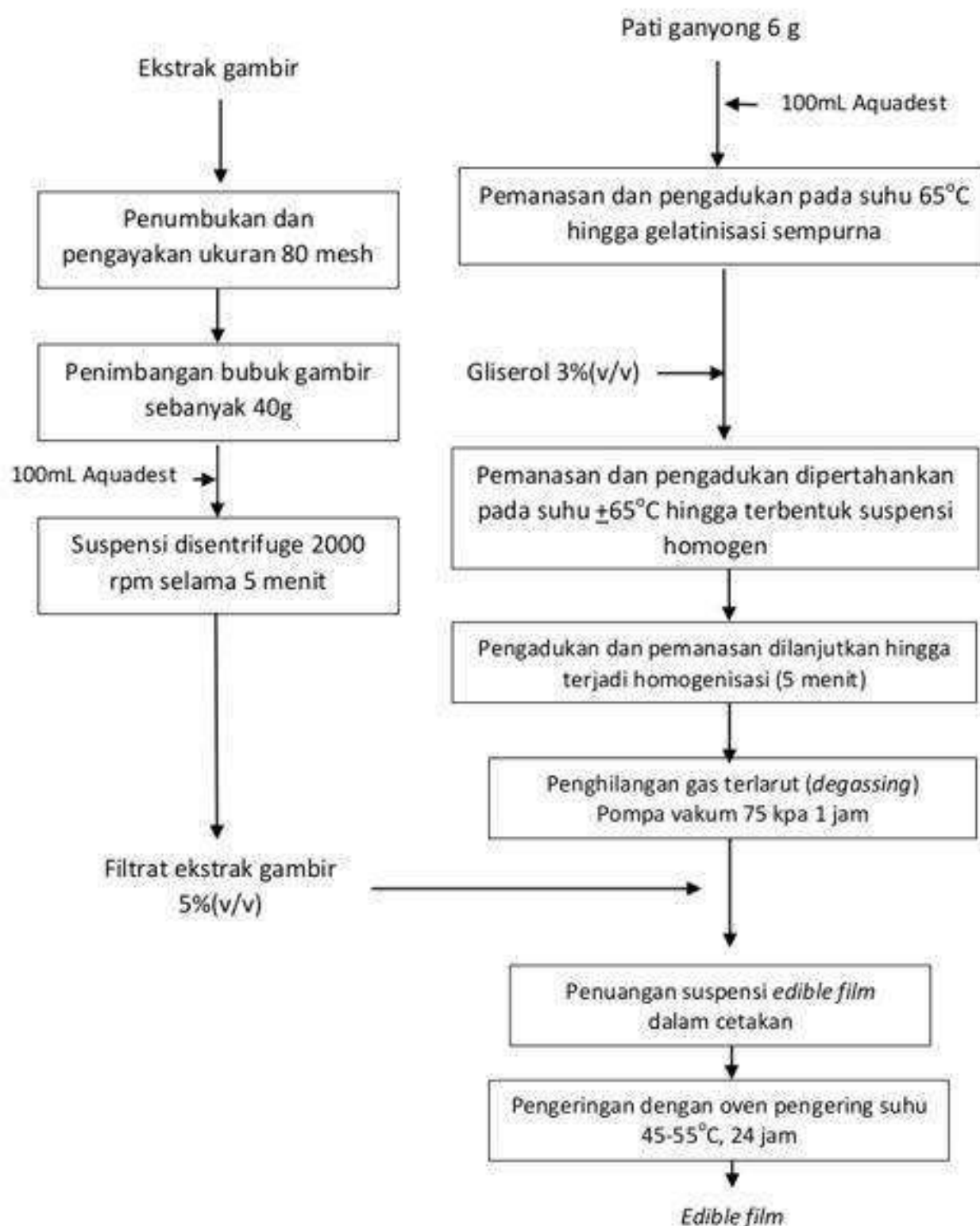
Edible film berbasis pati jagung yang ditambahkan filtrat ekstrak gambir memiliki sifat antibakteri dan antioksidan, namun laju transmisi uap air *edible film* ini lebih tinggi yaitu 20,23-22,24g.m⁻².hari⁻¹ dibanding *edible film* berbasis pati jagung yang menggunakan komponen lipid yaitu sebesar 7,83-16,87g.m⁻².hari⁻¹. *Edible film* berbasis pati jagung baik yang ditambah komponen lipid maupun non lipid yang ditambahkan senyawa aktif memiliki kelemahan dalam hal

persen pemanjangan. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat pati jagung yang memiliki amilosa lebih besar porsinya dibanding amilopektin.

5.13. *Edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak filtrat gambir dan minyak sawit merah

Pembuatan *edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan filtrate ekstrak gambir dan minyak sawit merah dimaksudkan untuk memperbaiki sifat *edible film* berbasis pati jagung yang diinkorporasikan dengan ekstrak filtrate gambir. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa persen pemanjangan dan laju transmisi uap *edible film* berbasis pati jagung masih sangat rendah dan belum memenuhi standar JIS 1975. Selain itu, inkorporasi ekstrak gambir dan minyak sawit merah untuk meningkatkan kemampuan sifat antioksidan *edible film*.

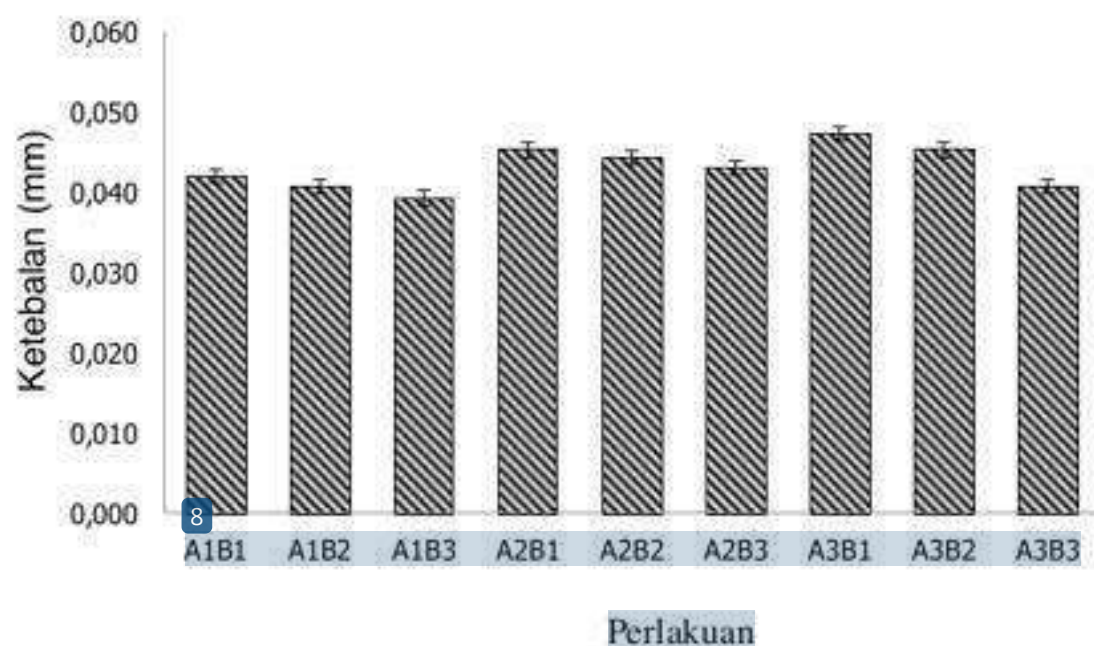
Proses pembuatan *edible film* berbasis pati ganyong ini seperti yang disajikan Gambar 54.



Gambar 54. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* antibakteri berbasis pati ganyong

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan berkisar antara 0,039-0,047mm. ketebalan *edible film* pati ganyong ini lebih tipis dibanding pati jagung yaitu 0,079-0,0143mm (Santoso *et al.*, 2016). Hal berkaitan dengan kandung amilosa pati jagung lebih tinggi dibanding pati ganyong. Molekul amilosa dalam beberapa penelitian disebutkan sangat berpengaruh terhadap ketebalan *edible film* karena bentuk rantai lurus amilosa apabila dalam kondisi kering akan bertumpuk dengan amilosa lain yang menyebabkan penebalan dalam matrik *edible film*. Perlu dijelaskan juga bahwa kedua *edible film* ini memiliki ketebalan yang telah memenuhi standar *Japanese Industrial Standard* (1975), maksimal yaitu 0,25mm. Nilai rerata *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 55.

Ketebalan *edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasi dengan filtrate ekstrak gambir dan minyak sawit tidak dipengaruhi oleh konsentrasi filtrate ekstrak gambir, minyak sawit merah maupun interaksi keduanya. Hal ini dapat dikarenakan filtrat ekstrak gambir diperoleh dari proses filtrasi suspensi ekstrak gambir dimana padatan ekstrak gambir tertinggal sehingga filtrat mengandung total padatan lebih sedikit. Selain itu, dipengaruhi juga oleh asam lemak tidak jenuh dalam minyak sawit merah yang bersifat cair pada suhu kamar. Dengan demikian baik filtrat ekstrak gambir maupun minyak sawit merah memiliki total padatan rendah. Menurut Park *et al* (2004) ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: total padatan terlarut, luas permukaan cetakan, dan volume larutan.

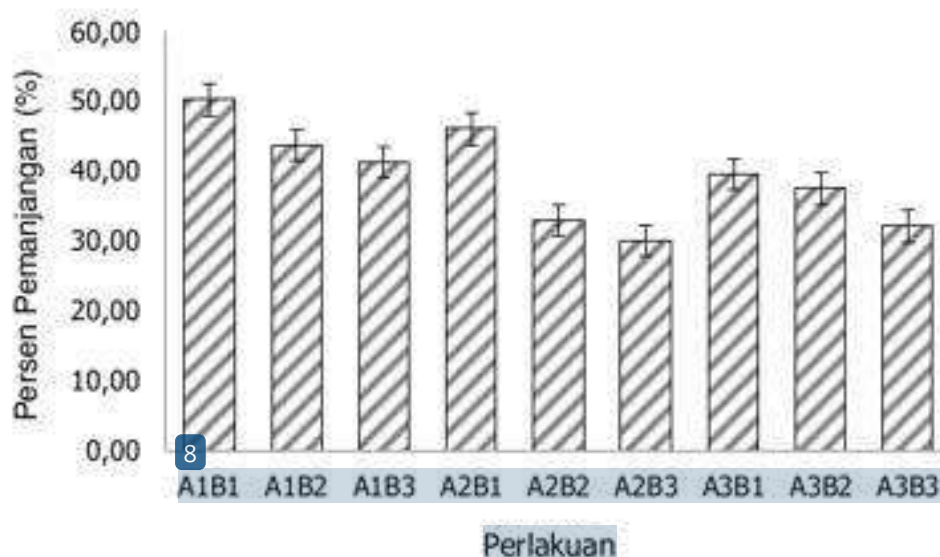


Keterangan: A= Filtrat bubuk gambir (20, 30, dan 40%(b/v) dan B= minyak sawit merah 1; 1,5; dan 2%(v/v)

Gambar 55. Nilai rerata ketebalan (mm) *edible film*

Persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan berkisar antara 30,06-50,30% (Gambar 56.) dimana perlakuan A₁B₁ tertinggi dan terendah pada A₂B₃. Nilai persen pemanjangan ini belum memenuhi standar *edible film* yaitu minimal 70% (*Japanese Industrial Standard*, 1975). Hasil penelitian ini lebih rendah dibanding (Santoso, 2011) dengan persen pemanjangan *edible film* berbasis pati ganyong sebesar 86,67%.

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi filtrat ekstrak gambir dan perlakuan konsentrasi minyak sawit merah berpengaruh nyata sedangkan interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh tidak nyata terhadap terhadap persen pemanjangan *edible film*.



Gambar 56. Persen pemanjangan *bioactive edible film*

Tabel 29. Pengaruh filtrat bubuk gambir terhadap persen pemanjangan dan aktivitas antioksidan *bioactive edible film*

Konsentrasi filtrat bubuk gambir	Persen pemanjangan (%)	Aktivitas antioksidan IC ₅₀ (ppm)
A ₃ (40%)	36,41±3,83a	13,28±0,85a
A ₂ (30%)	36,41±8,55a	25,38±3,36b
A ₁ (20%)	45,14±4,62b	27,31±1,35b

Sumber : Santoso *et al.* (2019)

Persen pemanjangan *edible film* makin meningkat dengan semakin rendah konsentrasi filtrat ekstrak gambir (Tabel 29). Filtrat ekstrak gambir mengandung senyawa katekin yang bersifat semipolar dengan demikian semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir dalam formulasi *edible film* maka berpengaruh terhadap peningkatan sifat hidrofobiknya. Sifat hidropobik dalam formulasi *edible film* berpengaruh terhadap penurunan sifat elastisitas atau persen pemanjangan. Santoso *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir yang ditambahkan dalam formulasi *edible film* berbasis pati ganyong makin turun persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan.

Semakin tinggi konsentrasi minyak sawit merah persen pemanjangan *edible film* semakin menurun (Tabel 29). Hal ini

disebabkan asam lemak tidak jenuh yang ada dalam minyak sawit merah. Telah diketahui bahwa bahan biopolimer lipida dapat menurunkan elastisitas *edible film*. Menurut Jimenez *et al.* (2010) hidroksi propil metilselulosa (HPMC) yang dikombinasikan dengan lipida dapat menurunkan laju transmisi uap air *edible film*, tetapi kurang elastis.

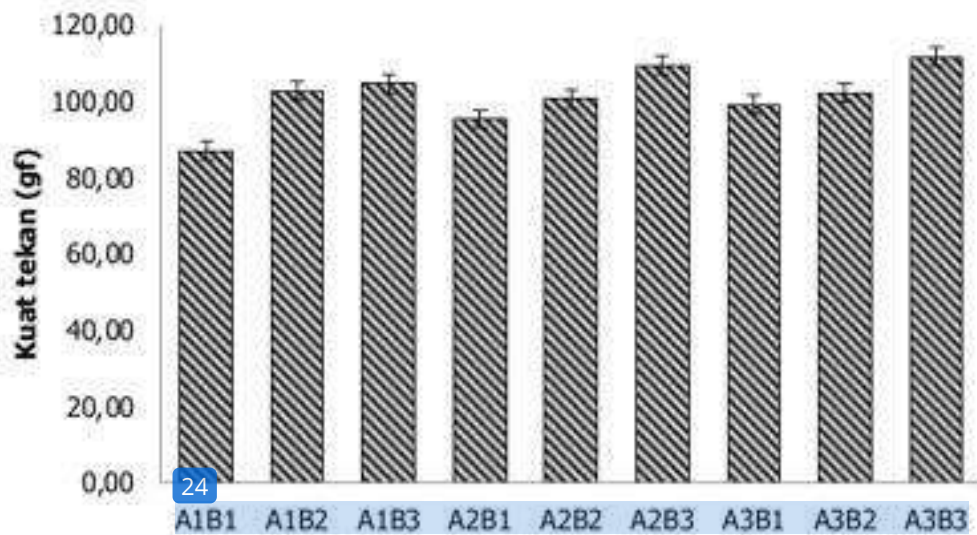
Tabel 30. Pengaruh minyak sawit merah terhadap persen pemanjangan dan kuat tekan *bioactive edible film*

Konsentrasi minyak sawit merah	Persen pemanjangan (%)	Kuat tekan (gf)
B ₃ (2%)	34,52±6,019a	108,57±3,546a
B ₂ (1,5%)	38,10±5,382b	101,87±1,073b
B ₁ (1%)	45,34±5,401c	93,91±6,214c

Sumber : Santoso *et al.* (2019)

Kuat tekan yang dihasilkan berkisar antara 87,07- 111,60 gf dimana A₃B₃ merupakan perlakuan yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dan terendah pada A₁B₁ (Gambar 57). Nilai kuat tekan yang dihasilkan penelitian tidak jauh berbeda apa yang hasil penelitian Santoso, (2011) yang menjelaskan bahwa nilai kuat tekan *edible film* berbasis pati gayong yang ditambahkan dengan CMC 2%(b/v), ekstrak protein 6% (v/v) dan ekstrak gambir 4%(b/v) yaitu 106,53-131,33gf.

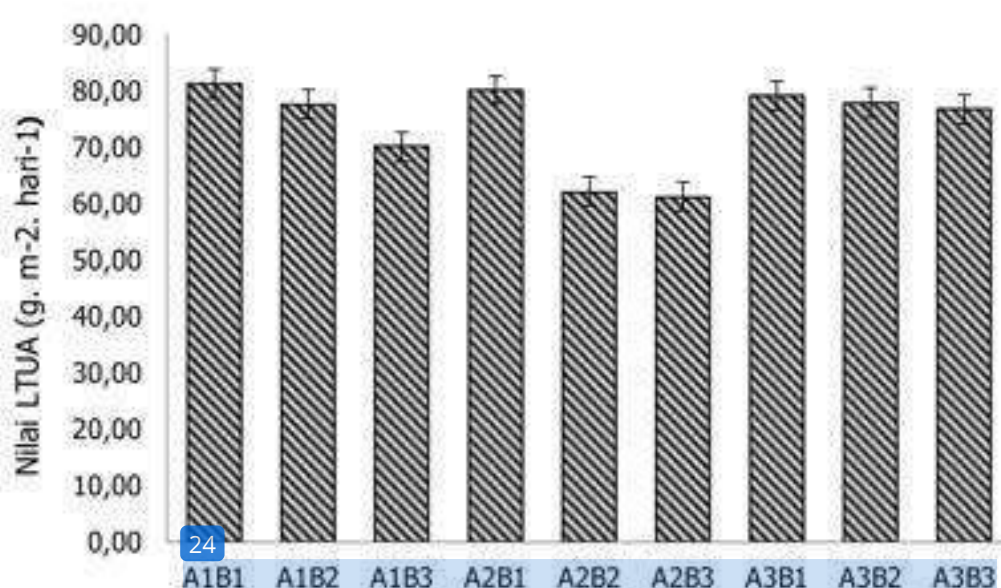
Kuat tekan *edible film* dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan minyak sawit, namun perlakuan filtrat ekstrak gambir dan interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh tidak signifikan. Tabel 30 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi minyak sawit merah kuat tekan *bioactive edible film* semakin meningkat. Telah diketahui bahwa asam lemak tidak jenuh dalam minyak sawit merah sangat tinggi dan berwujud cair pada kondisi suhu kamar. Dengan demikian minyak sawit merah terdistribusi merata dalam matrik *edible film* dalam ikatan kompleks pati-gliserol-CMC-minyak sawit merah. Ikatan kompleks ini akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan *edible film*. Santoso *et al.* (2011) mengungkapkan kuat tekan sangat ditentukan oleh ikatan kompleks pati-gliserol-protein-gambir-CMC-lilin lebah yang terbentuk dalam matrik *edible film*.



Gambar 57. Nilai rata-rata kuat tekan *bioactive edible film*

50

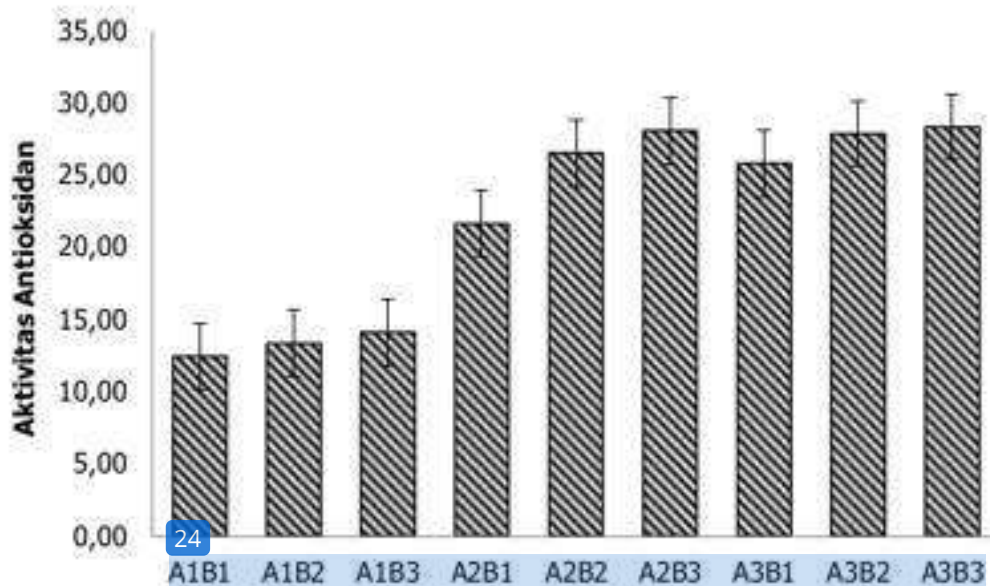
Nilai rata-rata laju transmisi uap air yang dihasilkan 61,15-81,28 ($\text{g.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$) dimana perlakuan A_1B_1 tertinggi dan terendah A_2B_3 (Gambar 58). Dibandingkan dengan *Japanese Industrial Standard* (1975) hasil penelitian belum memenuhi karena laju transmisi uap air *edible film* yang dipersyaratkan maksimal $10\text{g.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$. Beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan hal ini sangat bervariasi seperti Santoso *et al.* (2019) dan Santoso *et al.* (2018) berturut 6,37-22,95 $\text{g.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$ dan 20,23-22,24 $\text{g.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$.



Gambar 58. Laju transmisi uap air *edible film*

Gambar 58 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* semakin menurun dengan semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir dan konsentrasi minyak sawit merah. Hal ini disebabkan filtrat ekstrak gambir telah jelaskan sebelumnya mengandung senyawa katekin yang bersifat semipolar sedangkan minyak sawit merah bersifat hidropobik. Kombinasi kedua bahan ini pada ikatan kompleks pati-gliseryl-CMC-minyak sawit merah dalam matrik *edible film* berpengaruh dalam peningkatan sifat hidropobik. Semakin bersifat hidropobik *edible film* akan semakin sulit ditembus oleh uap air. Santoso *et al.* (2018) menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi minyak sawit dalam formulasi *edible film* berbasis pati jagung maka semakin rendah laju transmisi uap air.

Aktivitas antioksidan *edible film* yang dihasilkan dengan nilai IC_{50} berkisar 12,40- 28,30ppm. Nilai aktivitas antioksidan ini tergolong tinggi karena nilai IC_{50} dibawah 50 ppm. Dibandingkan dengan hasil penelitian Santoso *et al.* (2018) tentang penambahan filtrate ekstrak gambir dalam *edible film* berbasis pati panyong menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 258,14-469,32ppm. Perlakuan A₃B₃ menghasilkan IC_{50} terendah dan tertinggi pada perlakuan A₁B₁. Nilai rata-rata aktivitas antioksidan (IC_{50}) seperti disajikan pada Gambar 59.



Gambar 59. Nilai rerata aktivitas antioksidan *bioactive edible film*

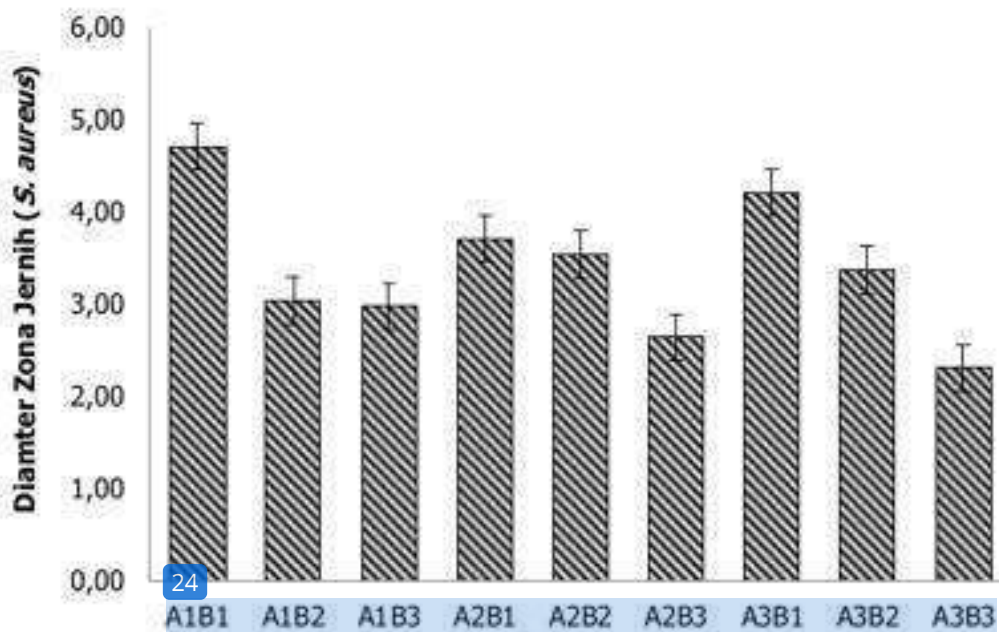
Aktivitas antioksidan *edible film* dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan filtrate ekstrak gambir dan tidak nyata oleh perlakuan minyak sawit merah serta interaksi kedua perlakuan tersebut. Uji BNJ 5% perlakuan filtrat ekstrak gambir terhadap aktivitas antioksidan *edible film* pada Tabel 30.

Tabel 30 menampilkan bahwa semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir nilai IC_{50} semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi filtrat ekstrak gambir dalam formulasi *edible film* berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas antioksidan. Berdasarkan nilai IC_{50} , *edible film* yang dihasilkan mengandung antioksidan kategori kuat karena nilai IC_{50} kurang dari 50ppm. Pambayun (2007) menjelaskan bahwa ekstrak gambir⁶ mengandung senyawa katekin dan senyawa ini bersifat antioksidan dan antibakteri.

Uji aktivitas antibakteri *edible film* dilakukan dengan menggunakan metode sumuran. Metode ini menggunakan prinsip difusi agar yang akan mengetahui zona jernih (*clear zone*) pada media yang telah ditambahkan *edible film* yang mengandung filtrat ekstrak gambir. Bakteri yang digunakan Gram-positif yaitu *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona jernih yang dihasilkan berkisar antara 2,30-4,70mm. Tingkat penghambatan dengan nilai zona jernih ini dikategorikan tingkat penghambatan lemah. Kursia *et al.*

(2016) mengungkapkan bahwa bakteri *S.epidermidis* dapat dihambat oleh ekstrak daun sirih hijau konsentrasi 3% dan 5% dengan DDH masing-masing sebesar 9,8 mm dan 15 mm. Nilai rata-rata uji aktivitas antibakteri seperti yang disajikan pada Gambar 60.

Gambar 60. menunjukkan bahwa *edible film* mengandung sifat antibakteri, namun sifat antibakteri tersebut mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi minyak sawit merah. penambahan minyak sawit merah menyebabkan peningkatan sifat hidropobik dalam matrik *edible film* yang berpengaruh terhadap penurunan sifat antibakteri. Hal ini disebabkan dinding sel bakteri *Staphylococcus aureus* mengandung peptidoglikan dengan ketebalan 40nm terletak dipermukaan yang bersifat sangat polar. Peptidoglikan adalah polimer yang disusun secara bergantian oleh monomer-monomer N-asetilgukosamin dan asam N-asetilmuramat (Santoso, 2011). Pada polimer tersebut terbentuk ikatan silang tetrapeptida antara monomer asam N-asetilmuramat satu dengan yang lainnya. Ikatan silang tetrapeptida tersebut merupakan komponen pendukung utama dalam menjaga keutuhan struktur dinding sel bakteri Gram-positif. Senyawa katekin dengan ion OH⁻ yang dimiliki dapat berinteraksi dengan asam amino-asam amino penyusun tetrapeptida. Akibat dari interaksi tersebut maka asam amino tersebut akan rusak dan selanjutnya tetrapeptida terputus atau lepas dan hal ini menyebabkan kebocoran pada dinding sel.



Gambar 60. Nilai DDH *bioactive edible film* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan mekanisme yang telah dijelaskan dapat dipahami jika *edible film* mengandung senyawa antibakteri (senyawa katekin) namun sifat non polar relatif tinggi maka hal ini dapat menghambat terjadinya interaksi ion OH⁻ senyawa katekin dengan peptidoglikan yang akhirnya menyebabkan kebocoran sel bakteri Gram-positif juga terhambat. Santoso *et al.* (2018) menjelaskan bahwa penambahan filtrat bubuk gambir 20-40%(v/v) tanpa penambahan komponen hidropobik dalam matrik *bioactive edible film* berbasis pati jagung menghasilkan aktivitas antibakteri (DDH) 6,67-7,67mm.

Edible film mengandung antioksidan kategori kuat sedangkan aktivitas antibakteri kategori lemah. Perlakuan terbaik berdasarkan sifat fisik dan kimia sesuai dengan *Japanese Industrial Standard 1975* dan fungsional yang meliputi antibakteri dan antioksidan yaitu A3B3 (konsentrasi filtrat ekstrak gambir 40%v/v dan konsentrasi minyak sawit merah 2%(v/v)).

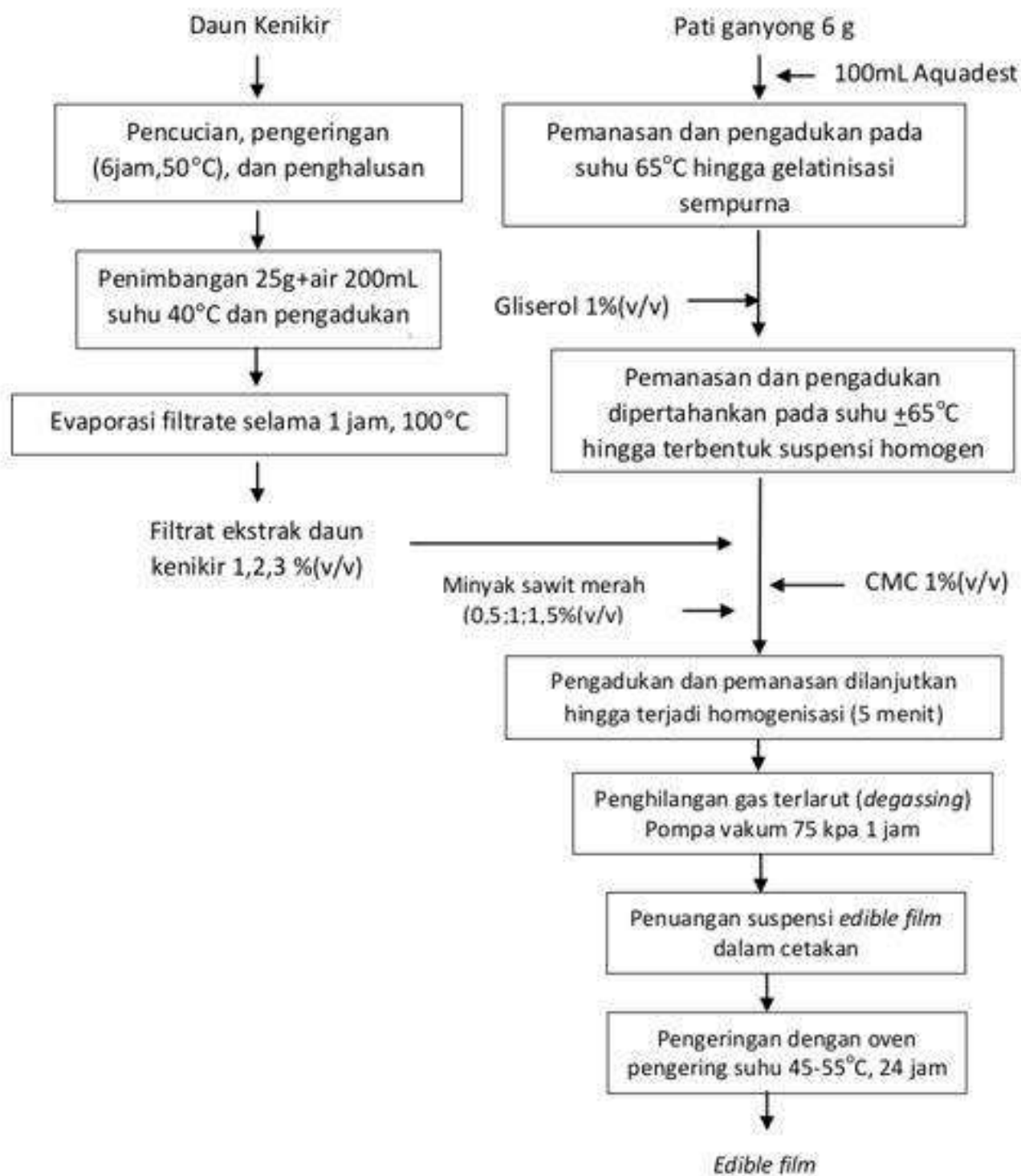
5.14. Penambahan minyak sawit merah dan ekstrak daun kenikir dalam formulasi *edible film* berbasis pati ganyong

Edible film saat ini terus dikembangkan khususnya yang berbasis pati. Adapun sumber pati yang umum digunakan berasal dari umbi-umbian antara lain umbi ganyong, ubi kayu, umbi gadung, dan umbi garut. Santoso (2011) melaporkan bahwa *edible film* pati ganyong memiliki karakteristik fisikokimia yang lebih baik dibanding ubi kayu dan umbi gadung. Seiring dengan kemajuan penelitian, *edible film* yang memiliki sifat mekanik seperti ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air yang baik dianggap belum cukup. Sehingga diperlukan pengembangan *edible film* yang bersifat fungsional yaitu antibakteri sekaligus antioksidan.

Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa penambahan senyawa fungsional terutama bersumber alami memberikan pengaruh positif dan negatif terhadap sifat mekanik *edible film*. Pranoto *et al.* (2005) mengungkapkan penambahan minyak bawang putih dalam *edible film* alginate sebesar 0,3% (v/v) dapat menurunkan kuat tekan sedangkan 0,4%(v/v) menurunkan persen pemanjangan dan laju transmisi uap air *edible film* secara signifikan. Mauzura *et al* (2007) menambahkan bahwa penggunaan minyak serai sebesar 0,1-0,4% (v/b) dalam *edible film* pati sagu dan alginat dapat menghambat pertumbuhan *E.coli* secara signifikan, namun persen pemanjangan dan laju transmisi uap air *edible film* juga mengalami peningkatan secara signifikan. Dampak penambahan bahan biopolimer yang mengandung senyawa fungsional terhadap penurunan sifat mekanik *edible film* sangat penting untuk diminimalisir karena *edible film* akan berfungsi secara optimal jika sifat mekanik dan fungsionalnya sama-sama baik. Untuk mencapai tujuan ini pemilihan bahan biopolimer fungsional yang akan digunakan sangat penting. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah minyak sawit merah dan ekstrak daun kenikir.

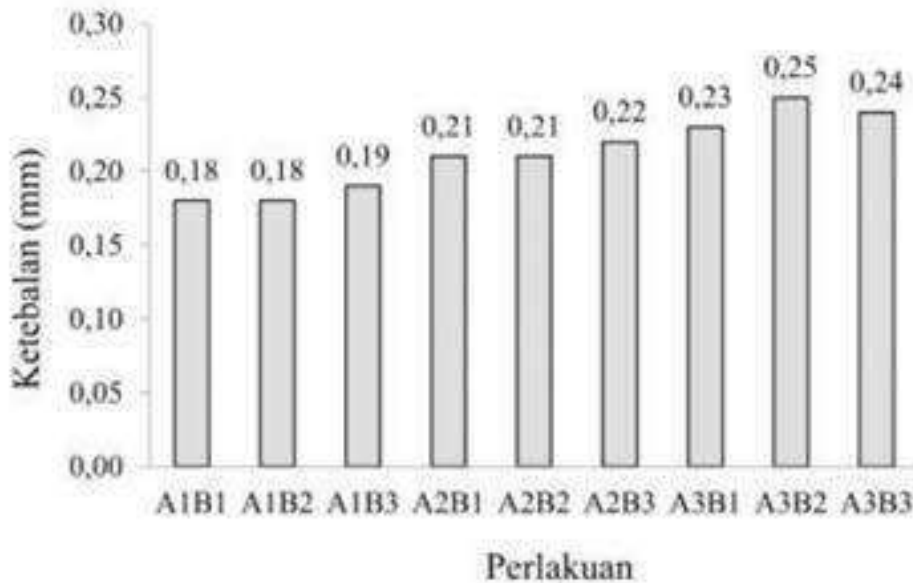
Minyak sawit merah mengandung senyawa antioksidan sebesar 500ppm berupa karotenoid yang terdiri atas 37% α -karoten, 47% β -karoten, 11,5% likopen, dan 6,9% *cis*- α -karoten (Van Royan *et al.*, 2008). Selain mengandung senyawa antioksidan, minyak sawit merah mengandung asam lemak tidak jenuh yang cukup tinggi yang berwujud

cair pada suhu kamar. Tanaka *et al.*, (2001) mengungkapkan bahwa penggunaan asam lemak tidak jenuh dalam *edible film* memberi dampak positif dalam penurunan laju transmisi uap air. Daun kenikir mengandung senyawa aktif fenolik, flavonoid, flavon dan flavanon, polifenol, saponin, tanin, alkaloid dan minyak astiri (Sahid dan Murbawani, 2017) dengan senyawa-senyawa ini Cheng *et al.* (2015) dan Lutpiatina *et al.*, (2017) mengungkapkan bahwa ekstrak daun kenikir bersifat antioksidan (IC_{50} 5,92mg/mL) dan antibakteri. Santoso *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa sifat mekanik *edible film* selain jenis bahan biopolimer tetapi juga bentuknya seperti jumlah total padatan bahan yang berpengaruh terhadap penurunan persen pemanjangan dan peningkatan ketebalan *edible film*, atas pertimbangan ini maka penggunaan daun kinikir dalam bentuk ekstrak. Proses pembuatan *edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak daun kenikir dan minyak sawit merah seperti yang disajikan pada Gambar 61.



Gambar 61. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* fungsional berbasis pati ganyong

Japan International Standard (JIS) mempersyaratkan bahwa ketebalan *edible film* maksimal 0,25 mm (JIS, 1975). Jika mengacu pada persyaratan ini maka ketebalan *edible film* yang dihasilkan memenuhi standar dengan ketebalan berkisar 0,18-0,24mm. *Trend* ketebalan *edible film* yang dihasilkan seperti pada Gambar 62.



Keterangan: A1= minyak sawit merah 0,5%(v/v); A2= minyak sawit merah 1%(v/v); A3= minyak sawit merah 1,5%(v/v), B1= ekstrak daun kenikir 1%(v/v); B2= ekstrak daun kenikir 2%(v/v); dan B3= ekstrak daun kenikir 3%.

Gambar 62. Nilai rerata ketebalan *edible film* fungsional

Secara statistika perlakuan minyak sawit merah berpengaruh signifikan terhadap ketebalan *edible film* sedangkan perlakuan ekstrak daun kenikir dan interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh tidak signifikan. Tabel 31 memperlihatkan makin tinggi konsentrasi minyak sawit merah ketebalan *edible film* makin tinggi. Hal ini dapat dijelaskan melalui mekanisme reaksi proses pembentukan matrik *edible film*.

Tabel 31. Pengaruh minyak sawit merah terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, total fenol, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri

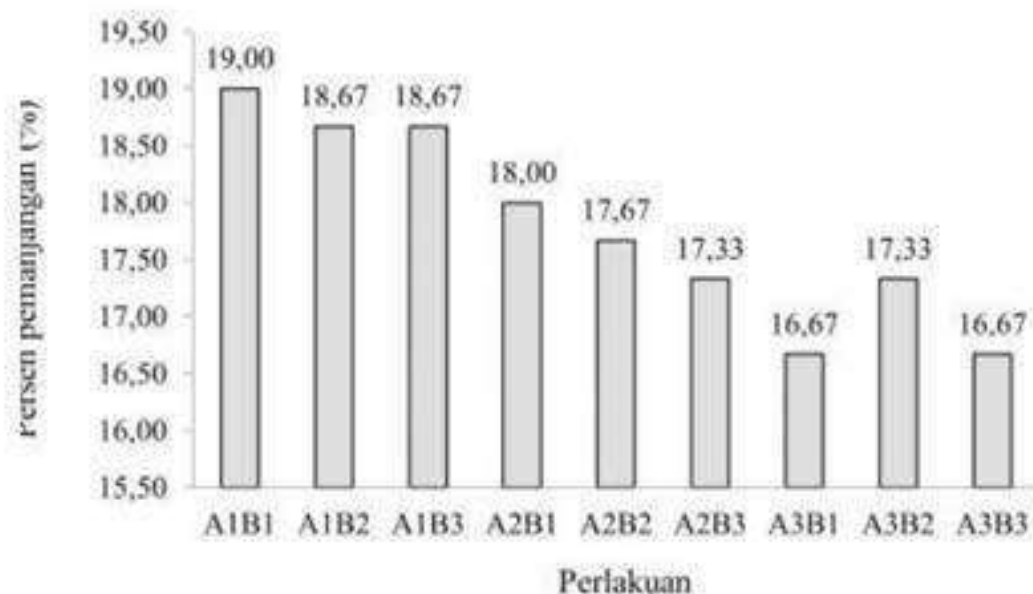
Perlakuan	Ketebalan (mm)	Persen pemanjangan (%)	LTUA ($\text{g.m}^{-2}\text{.han}^{-1}$)	Total fenol (mg/L)	Aktivitas antioksidan (IC_{50})	Aktivitas antibakteri (mm)
191 (0.5%v/v) A2	1.630a	18.78a	34.657a	115.28a	479.832a	0.137a
(1.0%v/v) A3	1.924b	17.67b	21.774b	231.95b	435.592b	0.422b
(1.5%v/v)	2.170b	16.89c	15.193c	317.22c	404.024c	0.511c

Mekanisme reaksi pembentukan *edible film* dapat dijelaskan dari bahan biopolimer yang digunakan dimana pati ganyong, gliserol, ekstrak daun kenikir bersifat hidrofilik, CMC bertindak sebagai emulsifier, dan minyak sawit merah bersifat hidropobik. Ikatan kompleks yang terbentuk dalam matrik *edible film* adalah pati ganyong-gliserol-ekstrak daun kenikir-CMC-minyak sawit merah. Diketahui bahwa minyak sawit merah berwujud cair pada suhu kamar dan bersifat non polar dengan demikian minyak ini dapat meregulasi asam-asam lemak dalam struktur matrik *edible film* lebih merata dan padat dengan membentuk lapisan tersendiri, namun tetap terikat secara sempurna dalam ikatan kompleks. Mekanisme inilah yang menyebabkan meningkatkan ketebalan *edible film* dengan semakin meningkatnya konsentrasi minyak sawit merah. Hasil ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Shabrina *et al.*, (2017) bahwa asam palmitat dalam minyak sawit merah mengandung total padatan yang berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan *edible film*. Santoso *et al.*, (2019) menyimpulkan bahwa ketebalan sangat dipengaruhi oleh total padatan yang terkandung dalam matrik *edible film*. Total padatan ini berasal dari bahan-bahan biopolimer yang digunakan sehingga makin banyak bahan biopolimer yang digunakan ketebalan *edible film* cenderung meningkat.

Persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan dari penelitian berkisar 16,7-19,00 persen. Hasil ini jauh lebih rendah dibanding penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.*, (2019) dan Santoso *et al.*, (2020) berturut-turut yaitu 58,67-126,67 persen menggunakan formulasi bahan biopolimer pati ganyong-gliserol-filtrat bubuk gambir-CMC-minyak sawit merah dan 32,14-50,30 persen dengan formulasi

edible film pati jagung-HPMC-gliserol-filtrat bubuk gambir-tween 80-minyak sawit merah. Dari beberapa perbandingan²⁹ hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa persen pemanjangan *edible film* tidak hanya ditentukan oleh jenis pati yang digunakan tetapi juga rasio bahan biopolimer yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik dalam formulasi *edible film*. Semakin tinggi konsentrasi komponen hidrofilik maka persen pemanjangan *edible film* makin tinggi. Nilai persen pemanjangan *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 63.

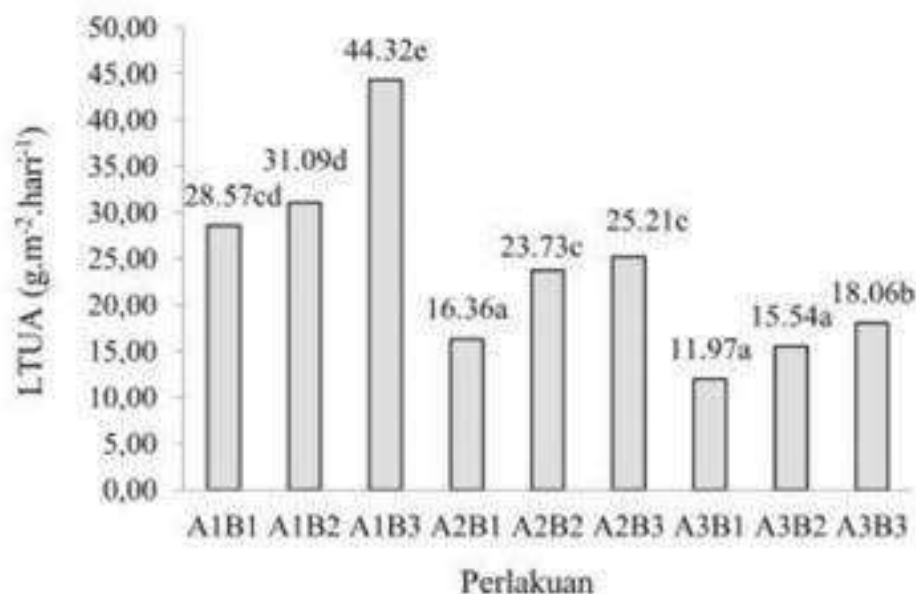
Persen pemanjangan *edible film* dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan minyak sawit merah sedangkan perlakuan ekstrak daun kenikir dan interaksi minyak sawit merah dengan ekstrak daun kenikir berpengaruh tidak signifikan. Hasil uji lanjut BNJ 5% (Tabel 1) menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi minyak sawit merah persen pemanjangan *edible film* cenderung mengalami penurunan. Telah diketahui bahwa minyak sawit merah bersifat non polar atau hidrofobik yang berpengaruh terhadap penurunan elastisitas *edible film*. Hal ini sejalan dengan apa yang diungkapkan oleh Krochta *et al.*, (1994) bahwa komponen pembentuk *edible film* terdiri atas tiga bahan dasar yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Lipida merupakan bahan biopolimer yang bersifat non polar sangat jarang digunakan dalam pembuatan *edible film* secara tunggal karena sifat bahan ini sangat kaku dan menurunkan elastisitas *edible film*.



Gambar 63. Nilai rerata persen pemanjangan *edible film* fungsional

Laju transmisi uap air *edible film* dipersyaratkan minimal $10\text{g.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$ oleh JIS 1975. Lebih dari sebagian perlakuan penelitian ini menghasilkan laju transmisi uap air *edible film* belum memenuhi standar JIS 1975 yaitu $11,97\text{-}44,32\text{ g.m}^{-2}\text{.hari}^{-1}$, namun perlakuan minyak sawit merah dengan konsentrasi $1,5\%(v/v)$ dan ekstrak daun kenikir $3\%5(v/v)$ menghasilkan laju transmisi uap air yang mendekati standar JIS 1975, yaitu $11,97\text{ g.m}^{-2}\text{.hari}^{-1}$. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 64.

Perlakuan minyak sawit merah, ekstrak daun kenikir, dan interaksi kedua perlakuan ini berpengaruh secara signifikan terhadap laju transmisi uap air. Laju transmisi uap air *edible film* mengalami penurunan dengan semakin menurunnya konsentrasi minyak sawit merah (Tabel 31). Hal ini dikarenakan pengaruh dari sifat non polar dari minyak sawit merah. Keberadaan senyawa non polar atau hidropobik dalam matrik *edible film* menyebabkan daya tembus uap air terhadap *edible film* menurun. Thakur et al., (2017) mengungkapkan bahwa penambahan beberapa asam lemak seperti asam palmitat, asam oleat, dan asam stearat ke dalam formulasi *edible film* berbasis pati dapat menurunkan laju transmisi uap air.



11

Gambar 64. Nilai rerata persen laju transmisi uap air *edible film* fungsional

Laju transmisi uap air *edible film* semakin meningkat seiring dengan meningkatkan konsentrasi ekstrak daun kenikir (Tabel 32). Telah diketahui bahwa ekstrak daun kenikir bersifat hidrofilik sehingga makin tinggi konsentrasi ekstrak daun kenikir maka jumlah komponen hidrofilik dalam matrik *edible film* makin tinggi, hal ini menyebabkan *edible film* semakin mudah untuk ditembus oleh uap air. Basiak *et al.*, (2017) melaporkan bahwa matrik *edible film* dengan komponen hidrofilik tinggi dalam ini adalah amilosa, maka hal ini berpengaruh terhadap peningkatan laju transmisi uap air *edible film*.

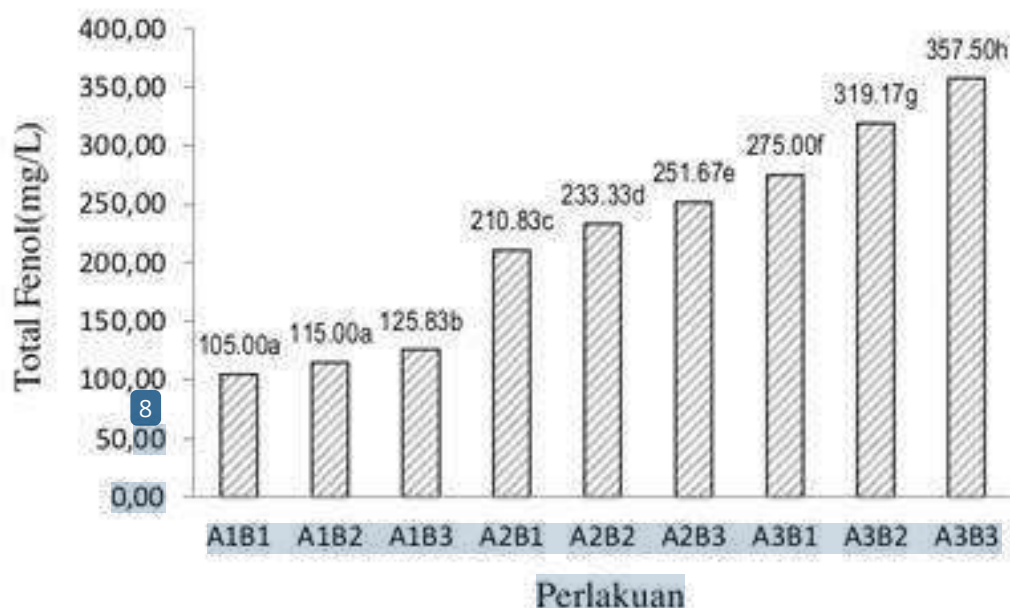
116

Tabel 32. Pengaruh ekstrak daun kenikir terhadap laju transmisi uap air, total fenol, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri

Perlakuan	Laju transmisi uap air (g.m ⁻² .hari ⁻²)	Total fenol (mg/L)	Aktivitas antioksidan (IC ₅₀)	Aktivitas antibakteri (mm)
B1 (1%v/v)	18.973a	196.94a	424.881a	0.296a
B2 (2%v/v)	23.455b	222.5b	444.214b	0.359b
B3 (3%v/v)	29.195c	245c	450.353c	0.415c

Perlakuan interaksi minyak sawit merah dan ekstrak daun kenikir (Gambar 64) dapat disimpulkan bahwa kombinasi perlakuan minyak sawit merah dengan konsentrasi lebih tinggi dibanding ekstrak daun kenikir ada kecenderungan laju transmisi uap air *edible film* lebih rendah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa adanya pengaruh rasio komponen hidropobik dengan hidrofilik dalam ikatan kompleks matrik *edible film*. Ikatan kompleks yang terbentuk dalam matrik *edible film* adalah pati ganyong-gliserol-ekstrak daun kenikir-CMC-minyak sawit merah. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa minyak sawit merah termasuk golongan hidropobik sedangkan ekstrak daun kenikir golongan hidrofilik. Makin tinggi komponen hidropobik dibanding hidrofilik maka laju transmisi uap air makin rendah. Peningkatan rasio komponen hidrofilik (pati-protein) dalam matrik *edible film* berpengaruh secara signifikan dalam peningkatan laju transmisi uap air, namun *edible film* memiliki mikrostruktur yang lebih homogen (Basiak *et al.*, 2016). Mahcene *et al.*, (2020) mengungkapkan bahwa penambahan minyak esensial dari beberapa tanaman obat dalam matrik *edible film* alginate selain dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen tetapi laju transmisi uap air *edible film* juga mengalami penurunan.

Edible film yang dihasilkan mengandung total fenol dengan kisaran 105-357,50 mg/L. Nilai rerata total fenol setiap kombinasi perlakuan seperti yang disajikan pada Gambar 65.

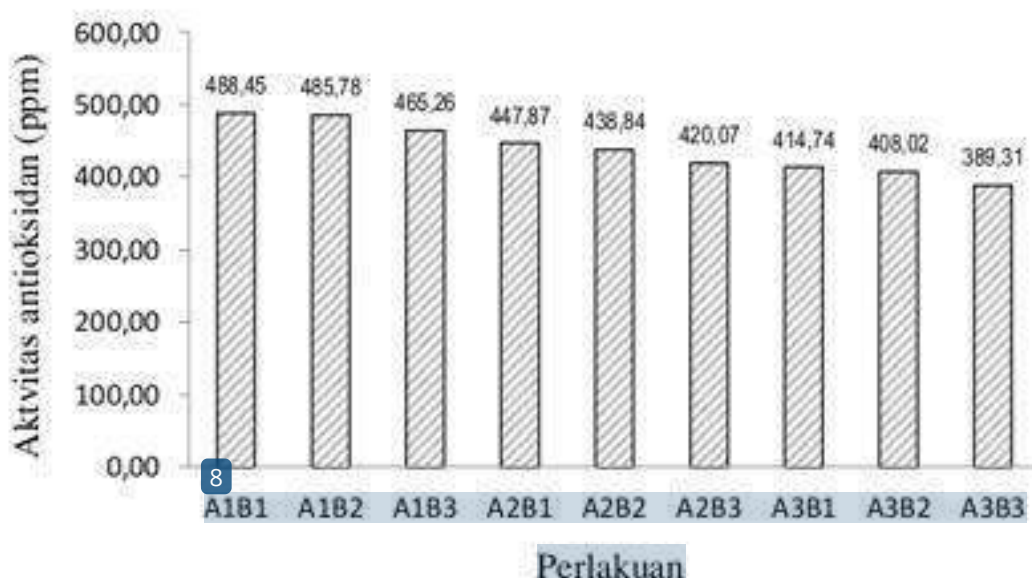


Gambar 65. Nilai rerata total fenol *edible film* fungsional

Perlakuan minyak sawit merah, ekstrak daun kenikir, dan interaksi kedua perlakuan ini berpengaruh nyata terhadap kadar total fenol *edible film*. Total fenol *edible film* semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi minyak sawit merah (Tabel 31). Hal ini dapat dipahami bahwa minyak sawi merah merupakan sumber antioksidan. Atawodi *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa minyak sawit merah selain mengandung senyawa antioksidan seperti karotenoid dan vitamin E tetapi juga mengandung campuran senyawa fenolik yang kaya antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 95 μ M dan *radical scavenging activities* sebesar 219 μ M. Seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi ekstrak daun kenikir, total fenol *edible film* juga semakin meningkat (Tabel 32). Penelitian Mediani *et al.*, (2014) menyimpulkan bahwa kenikir mengandung senyawa antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 0.0223 mg/mL dan kadar total fenolic sebesar 27.4 GAE/100g). Gambar 64 menunjukkan bahwa perlakuan interaksi minyak sawit merah dengan ekstrak daun kenikir terjadi sinergis dalam peningkatan total fenol *edible film*, makin tinggi konsentrasi kedua perlakuan ini total fenol *edible film* makin tinggi.

Aktivitas antioksidan yang terdapat dalam *edible film* yang dihasilkan termasuk dalam kategori sangat lemah dengan IC₅₀ berkisar

389,31-488,45ppm. Nilai rerata aktivitas antioksidan *edible film* seperti ditunjukkan pada Gambar 66.



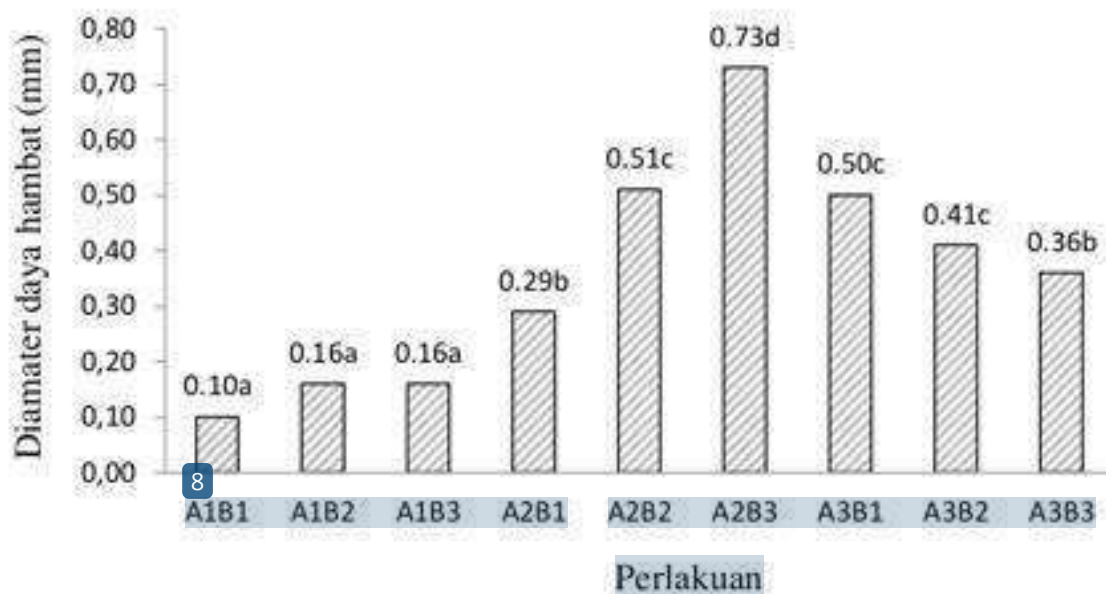
Gambar 66. Nilai rerata aktivitas antioksidan *edible film* fungsional

Perlakuan minyak sawit merah dan ekstrak daun kenikir berpengaruh nyata sedangkan perlakuan interaksinya berpengaruh tidak nyata. Semakin tinggi konsentrasi minyak sawit merah semakin tinggi aktivitas antioksidan *edible film* (Tabel 31) dan hal ini juga terjadi pada perlakuan ekstrak daun kenikir (Tabel 32). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya baik minyak sawit merah maupun ekstrak daun kenikir sama-sama mengandung aktivitas antioksidan tinggi. Namun, jika dibandingkan dengan aktivitas antioksidan yang dihasilkan dalam penelitian lebih rendah dibanding hasil penelitian Atawodi *et al.*, (2011) dan Mediani *et al.*, (2014). hal ini terjadi adanya pengaruh ikatan kompleks dalam matrik *edible film* dan suhu proses pembentuk *edible film*. Ikatan kompleks matrik *edible film* seperti yang telah diutarakan sebelumnya menyebabkan gugus aktif senyawa fungsional yang terdapat dalam minyak sawit merah maupun ekstrak daun kenikir banyak yang terikat dalam ikatan kompleks tersebut, sehingga gugus aktif bebas dalam matrik *edible film* berkurang. Telah diketahui bahwa semakin tinggi gugus aktif bebas senyawa fungsional dalam suatu sistem maka makin tinggi sifat fungsionalnya. Selain itu, pengaruh proses pembuatan *edible*

film terutama suhu yang digunakan lebih dari 60°C yang dapat menyebabkan senyawa antioksidan dapat mengalami oksidasi.

Edible film yang dihasilkan memiliki aktivitas antibakteri dengan nilai diameter daya hambat (DDH) berkisar 0,1-0,73mm. Nilai rerata DDH edible film seperti pada Gambar 67. Secara statistik perlakuan minyak sawit merah, ekstrak daun kenikir, dan interaksi kedua perlakuan ini berpengaruh secara signifikan terhadap aktivitas bakteri edible film yang dihasilkan.

Aktivitas antibakteri edible film semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi minyak sawit merah (Tabel 31). Menurut Siregar *et al.*, (2013) minyak sawit merah mengandung 10 jenis asam lemak pada yaitu laurat, miristat, palmitat, palmitoleat, stearat, oleat, linoleat, linolenat, arakidat, dan gadoleat. Ayustaningwamo (2010) menambahkan bahwa asam laurat dalam minyak sawit merah sebesar 0,09%. Asam laurat merupakan asam lemak rantai medium utama yang memiliki khasiat sebagai antivirus, antibakteri dan antiprotozoal (Enig, 1999).



Gambar 67. Nilai rerata diameter daya hambat edible film fungsional

Peningkatan konsentrasi ekstrak daun kenikir dalam formulasi edible film diiringi dengan peningkatan aktivitas antibakteri (Tabel 32).

Hal ini dikarenakan flavonoid dalam daun kenikir dapat mengganggu membran sel bakteri sehingga menghambat kerja enzim yang akan mengganggu pertumbuhan bakteri. Sahid dan Murbawani, (2016) melaporkan bahwa daun kenikir segar dan bubuk daun kenikir mengandung total flavonoid berturut-turut sebesar 143,00mg/100g dan 1089,79 mg/100g. Perlakuan interaksi minyak sawit merah dengan konsentrasi 1% (v/v) dan ekstrak daun kenikir 3%(v/v) menghasilkan aktivitas antibakteri paling tinggi (Gambar 70). Hal ini dipengaruhi oleh ikatan kompleks matrik edible film khususnya keseimbangan antara komponen hidrofilik dengan hidropobik. Dalam hal ini komponen hidrofilik lebih dominan dalam ikatan kompleks pati ganyong-gliserolekstrak daun kenikir-CMC-minyak sawit merah sehingga peran dari senyawa antibakteri dalam ekstrak daun kenikir yang bersifat antibakteri lebih dominan.

5.15. Penambahan filtrat ekstrak gambir dan ekstrak daun salam dalam formulasi *edible film* berbasis pati ganyong

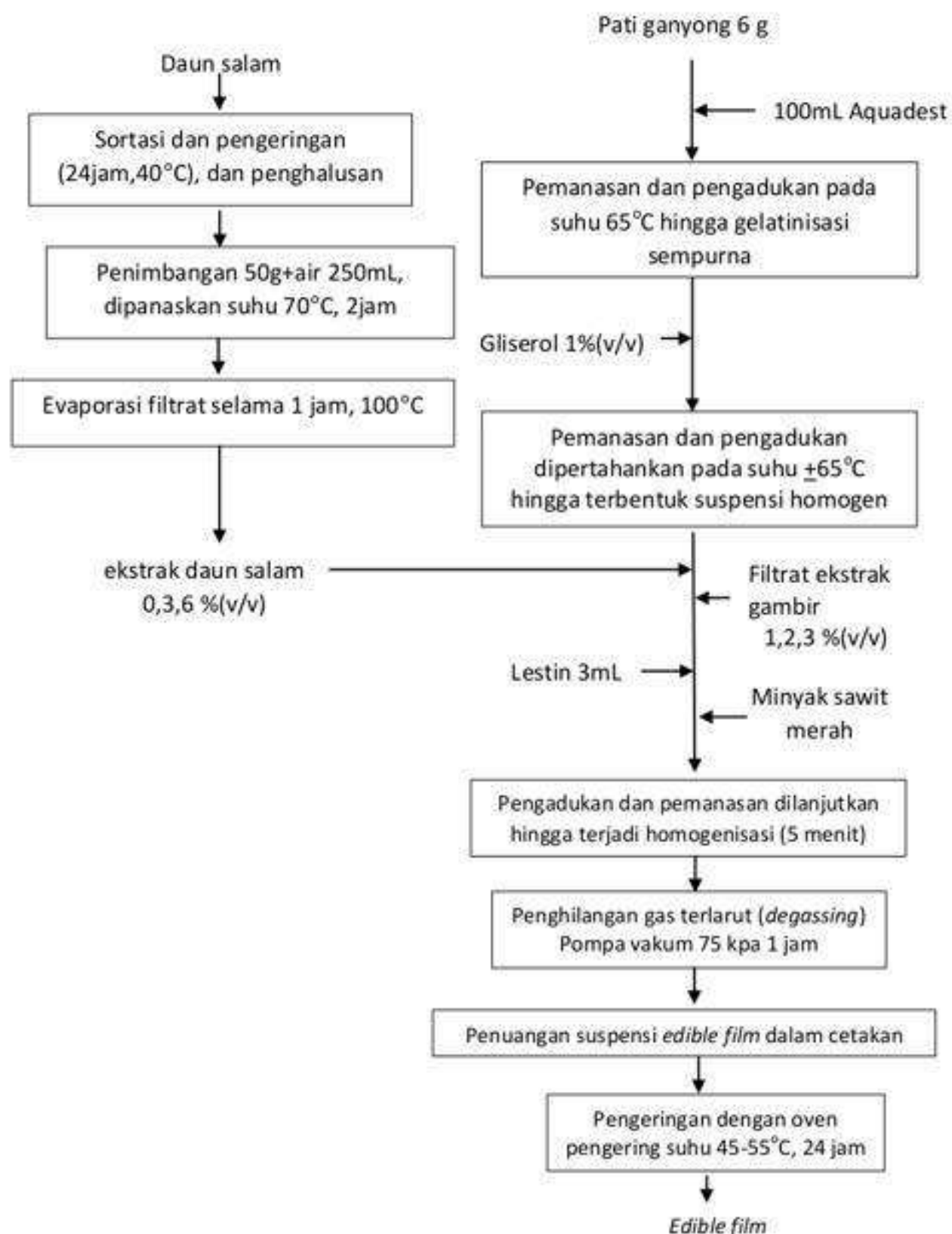
214

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa fokus pengembangan *edible film* ada tiga yaitu: 1) eksplorasi bahan pembentuk, 2) proses pembuatan, dan 3) aplikasi sebagai pengemas produk pangan. Eksplorasi bahan baku pembentuk *edible film* diutamakan pada bahan lokal seperti umbi ganyong (Santoso *et al.*, 2019), minyak sawit merah (Santoso *et al.*, 2018), dan ekstrak gambir (Santoso, 2016) telah dikembangkan. Namun, penggunaan bahan lokal khususnya senyawa fungsional alami dari ekstrak gambir belum mampu untuk membentuk *edible film* yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan maupun antimikrobia yang berkategori kuat seperti yang dilaporkan Santoso *et al.* (2019). Diketahui bahwa gugus hidroksil (-OH) senyawa katekin dalam ekstrak gambir adalah penentu kekuatan sifat antimikrobia maupun antioksidan, semakin banyak gugus OH bebas dalam matrik *edible film* maka sifat fungsional semakin tinggi dan berlaku sebaliknya. Penambahan bahan alami yang mengandung senyawa fungsional lebih dari satu jenis merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan. Dimana senyawa-senyawa yang ditambahkan

tersebut bersifat sinergis dalam meningkatkan sifat fungsional *edible film* tersebut.

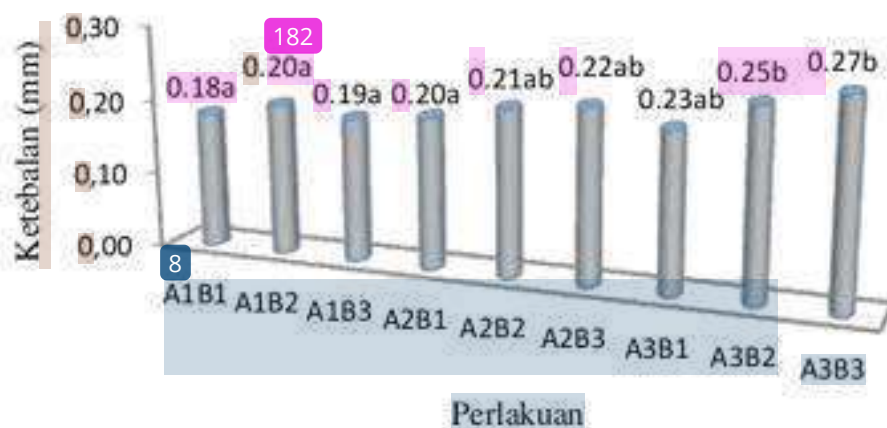
Ekstrak daun salam merupakan salah satu bahan fungsional alami yang dapat bersinergis dengan ekstrak bubuk gambir karena kedua bahan ini bersifat hidrofilik dan mengandung senyawa yang bersifat antioksidan. Verawati *et al.* (2017) melaporkan bahwa ekstrak daun salam memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} berkisar 35,05-49,98 $\mu\text{g/mL}$ dan total fenol sebesar 69,76-103,91 mg/g . Menurut Aditya dan Ariyanti (2016) gambir super mengandung senyawa katekin sebesar 73,3% yang bersifat antioksidan. Selain kedua bahan ini, penambahan minyak sawit merah dalam matrik *edible film* selain sebagai komponen lipida tetapi juga sebagai sumber antioksidan. Cassidy (2017) menerangkan bahwa minyak sawit merah mengandung karotenoid sangat tinggi yaitu, β - dan α -karoten berturut-turut sebesar 48,2% dan 38,9%. Diharapkan inkorporasi beberapa bahan alami ini dapat membentuk ikatan kompleks matrik *edible film* yang menghasilkan *edible film* yang memiliki sifat mekanik sesuai standar JIS 1975 dan mengandung senyawa fungsional berkategori kuat.

Proses pembuatan *edible film* berbasis pati ganyong yang diinkorporasikan dengan ekstrak daun kenikir dan filtrat ekstrak gambir seperti yang disajikan pada Gambar 68.



Gambar 68. Diagram alir teknologi pembuatan *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan berkisar 0,18-0,27mm. Perlakuan filtrat ekstrak gambir 3%/b/v dan ekstrak daun salam menghasilkan ketebalan tertinggi sebesar 0,27mm dan terendah pada perlakuan filtrat ekstrak gambir 1%/b/v dan ekstrak daun salam 0%/b/v sebesar 0,18mm. Nilai rerata ketebalan *edible film* seperti pada Gambar 69.



Gambar 69. Nilai rerata ketebalan *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

Perlakuan filtrat ekstrak gambir dan daun salam serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan. Pengaruh filtrat ekstrak gambir terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, akvitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri seperti yang tersaji pada Tabel 33.

Ketebalan semakin meningkat seiring dengan bertambah konsentrasi filtrat ekstrak gambir yang ditambahkan (Tabel 33). Hal ini dipengaruhi oleh jumlah total padatan yang ada dalam filtrat ekstrak gambir yang berupa senyawa katekin. Menurut Yunarto dan Aini, (2015) ekstrak gambir mengandung senyawa katekin sebesar 92,69%. diketahui bahwa senyawa katekin bersifat semipolar dan mengandung total padatan sehingga dapat dipahami terjadinya peningkatan ketebalan *edible film* dengan semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir yang ditambahkan.

Tabel 33. Pengaruh perlakuan filtrat ekstrak gambir terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri.

Perlakuan	Ketebalan (mm)	Laju transmisi uap air ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hari}^{-1}$)	Aktivitas antioksidan (IC_{50}) mg/mL	Aktivitas antibakteri (DDH)mm
A ₃ (Gambir 3%)	0,24a	32,63a	26,77a	1,79a
A ₂ (Gambir 2%)	0,22b	35,68a	30,50ab	1,64b
A ₁ (Gambir 1%)	0,19c	41,05b	31,96b	1,44b

Pengaruh perlakuan ekstrak daun salam terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, dan aktivitas antioksidan *edible film* seperti pada Tabel 34.

Tabel 34. Pengaruh perlakuan ekstrak daun salam terhadap ketebalan, laju transmisi uap air, dan aktivitas antioksidan *edible film*.

Perlakuan (konsentrasi ekstrak daun salam)	Ketebalan (mm)	Laju transmisi uap air ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hari}^{-1}$)	Aktivitas antioksidan (IC_{50}) mg/mL
B ₁ (0%)	0,20a	33,12a	24,48a
B ₂ (3%)	0,23b	37,80ab	28,84b
B ₃ (6%)	0,23c	38,43b	35,91c

Peningkatan konsentrasi ekstrak daun salam dalam matrik *edible film* menyebabkan peningkatan ketebalan (Tabel 34). Hal ini juga berkaitan dengan penambahan total padatan dalam matrik *edible film* akibat penambahan ekstrak daun salam. Hasil penelitian Fahrullah (2020) menyatakan bahwa penambahan ekstrak konjak meningkatkan jumlah total padatan dalam matrik *edible film* bertambah dan hal ini berpengaruh pada peningkatan ketebalan *edible film*.

Semakin tinggi kombinasi konsentrasi filtrat ekstrak gambir dan ekstrak daun salam semakin tinggi ketebalan *edible film* yang

dihasilkan (Gambar 69). Telah dijelaskan sebelumnya filtrat ekstrak gambir maupun ekstrak daun salam mengandung total padatan. Hal ini berpengaruh terhadap penambahan total padatan dalam ikatan kompleks pati ganyong-ekstrak daun salam- filtrat ekstrak gambir-lesitin-minyak sawit merah sebagai pembentuk matrik *edible film*. Ketebalan *edible film* yang dihasilkan berkisar 0,18-0,27mm. Secara rata-rata ketebalan yang dihasilkan adalah 0,22mm dan hasil ini telah memenuhi standar JIS 1975 dengan ketebalan *edible film* maksimal 0,25mm. Hasil penelitian ini memiliki ketebalan lebih rendah dibanding penelitian (Santoso, 2011) dengan rerata ketebalan yaitu 0,26mm dan lebih tinggi dibanding *edible film* berbasis surimi ikan leleh yaitu 0,049mm (Tanjung, 2020).

Persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan berkisar 7,33-9,00%. Secara statistik perlakuan filtrat ekstrak gambir, ekstrak daun salam dan interaksi kedua berpengaruh tidak nyata terhadap persen pemanjangan *edible film*. Nilai rerata persen pemanjangan *edible film* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 70. Telah diketahui bahwa persen pemanjangan *edible film* dipengaruhi oleh komponen penyusun matrik *edible film* terutama komponen hidrofilik seperti bahan *plasticizer* yaitu gliserol dan sorbitol. Menurut Maruddin *et al.* (2019) penambahan *plasticizer* dalam formulasi *edible film* dapat meningkatkan fleksibilitas dimana jenis *plasticizer* sorbitol lebih baik dibanding gliserol dan *polyethylene glycol*.

Selain itu, porsi komponen hidrofilik dan hidropobik dalam matrik *edible film* juga sangat menentukan nilai persen pemanjangan. Matrik *edible film* ini dibentuk melalui ikatan kompleks pati ganyong-ekstrak daun salam-filtrat ekstrak gambir-lesitin-minyak sawit merah. Dari bahan-bahan penyusun ini dapat dikatakan bahwa porsi hidrofilik dan hidropobik yaitu 50:50 dengan rincian pati ganyong dan ekstrak daun salam merupakan komponen hidrofilik dan tergolong hidropobik untuk lesitin dan minyak sawit merah sedangkan filtrat ekstrak gambir bersifat semipolar. Dengan komposisi demikian menyebabkan matrik *edible film* menjadi kurang elastis. Jouki *et al.* (2013) menjelaskan penambahan komponen hidrofilik dalam matrik *edible film* berbasis pati biji selada seperti gliserol sebanyak 25-50(%b/b) dapat meningkatkan persen pemanjangan *edible film* secara signifikan.



Gambar 70. Nilai rerata persen pemanjangan *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

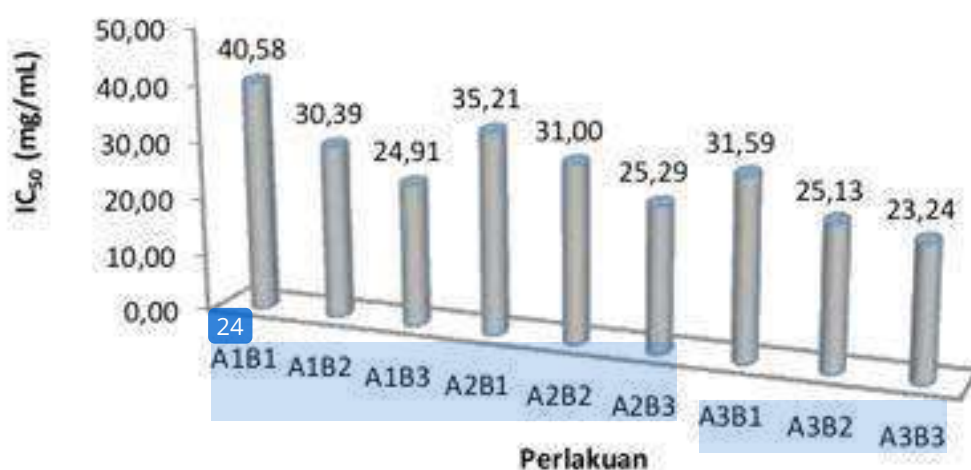
Edible film yang terbentuk memiliki laju transmisi uap air berkisar 30,43–46,07g.m⁻².hari⁻¹ dimana nilai terendah pada perlakuan A₃B₁ dan A₁B₂ merupakan perlakuan dengan laju transmisi uap air tertinggi. Laju transmisi uap air *edible film* ini tidak memenuhi standar JIS (1975) yaitu maksimal 10g.m⁻².hari⁻¹. Nilai rerata laju transmisi uap air *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 71.



Gambar 71. Nilai rerata laju transmisi uap air *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

1 Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan filtrat ekstrak gambir, ekstrak daun salam berpengaruh nyata dan perlakuan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata. Tabel 33 memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir yang digunakan laju transmisi uap air *edible film* semakin menurun. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa ekstrak gambir mengandung senyawa katekin lebih dari 75% (Magdalena dan Kusnadi, 2015) dan senyawa katekin merupakan senyawa yang bersifat semipolar. Sifat semipolar inilah yang mempengaruhi penurunan laju transmisi uap air *edible film*. Menurut Lucida (2006) senyawa katekin berwarna kuning dan berbentuk kristal dalam kondisi kering serta tidak mudah larut dalam air dingin tetapi larut dalam air panas.

Laju transmisi uap air *edible film* mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun salam yang digunakan (Tabel 34). Laju transmisi uap air berkaitan erat dengan ketebalan *edible film*, semakin tebal *edible film* semakin rendah laju transmisi uap air. Hal ini disebabkan uap air akan lebih sulit untuk menembus *edible film* yang tebal. Racmayani dan Husni (2020) melaporkan bahwa semakin tebal *edible film* berbasis alginat dari bahan alami semakin rendah laju transmisi uap air.



Gambar 72. Nilai rerata IC₅₀ *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

Nilai rerata IC_{50} *edible film* yang dihasilkan seperti yang disajikan pada Gambar 72. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan filtrat ekstrak gambir dan ekstrak daun salam berpengaruh nyata sedangkan perlakuan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata terhadap aktivitas antioksidan. Tabel 33 memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir digunakan semakin meningkat aktivitas antioksidan *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa filtrat ekstrak gambir mengandung senyawa katekin yang bersifat antibakteri dan antioksidan. Aditya dan Ariyanti (2016) melaporkan bahwa ekstrak gambir mengandung senyawa katekin 99,4-108,0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ dengan kadar total polifenol 13,58-13,90g/100g dimana senyawa ini mengandung polifenol yang kompleks sehingga sangat berpotensi untuk antioksidan.

Aktivitas antioksidan *edible film* semakin meningkatkan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun salam yang digunakan. Hal ini dikarenakan daun salam mengandung senyawa yang bersifat antioksidan yaitu flavonoid, selenium, vitamin A, dan E seperti yang dijelaskan oleh Bahriul *et al* (2014). Hidayati *et al.* (2017) menambahkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak daun salam dengan nilai IC_{50} sebesar 17,69 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Edible film ini mengandung senyawa antioksidan dengan nilai IC_{50} berkisar 23,24-40,58mg/mL. Nilai IC_{50} ini menunjukkan bahwa *edible film* yang dihasilkan mengandung senyawa bersifat antioksidan berkategori sangat kuat seperti yang diungkapkan oleh Molyneux (2004) bahwa nilai IC_{50} kurang dari 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ digolongkan antioksidan sangat kuat. Aktivitas antioksidan *edible film* ditentukan oleh bahan penyusun yang digunakan dimana ikatan kompleks yang terbentuk adalah pati ganyong-ekstrak daun salam-filtrat ekstrak gambir-lesitin-minyak sawit merah. Dari 5 bahan ini ada 3 mengandung senyawa yang bersifat antioksidan yaitu minyak sawit merah selain ekstrak daun salam dan filtrat ekstrak gambir.

Edible film yang dihasilkan mengandung sifat antibakteri khusus bakteri *Staphylococcus aureus* dengan nilai diameter daya hambat (DDH) berkisar 1,33-1,83mm. Nilai rerata aktivitas antibakteri *edible film* seperti Gambar 73. Aktivitas antibakteri *edible film* ini dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan filtrat ekstrak gambir sedangkan perlakuan ekstrak daun salam dan perlakuan interaksi keduanya berpengaruh tidak signifikan. Semakin tinggi konsentrasi filtrat ekstrak gambir semakin tinggi aktivitas antibakteri yang dihasilkan (Tabel 33). Hal dapat disebabkan oleh senyawa

katekin yang ada dalam ekstrak gambir seperti yang telah dijelaskan sebelumnya melalui beberapa penelitian oleh para peneliti.



Gambar 73. Nilai rerata aktivitas antibakteri *edible film* yang diinkorporasikan dengan ekstrak gambir dan daun salam

74

Nilai DDH *edible film* ini tergolong lemah menurut Nazri *et al.* (2011) yang menjelaskan bahwa nilai DDH 0-9 mm tergolong dalam aktivitas lemah; 10-14 mm tergolong kategori sedang, dan 15-20 mm tergolong kategori kuat. Hal ini dikarenakan dalam ikatan kompleks matrik *edible film* (pati-ekstrak daun salam-filtrat ekstrak gambir-lesitin-minyak sawit merah) hanya ekstrak gambir yang memiliki dominan sebagai antibakteri seperti yang diungkapkan oleh Pambayun (2007) bahwa senyawa katekin dari ekstrak gambir mampu menghambat bakteri Gram-positif salah satunya adalah *Staphylococcus aureus*. Diketahui bahwa kemampuan senyawa katekin sebagai antibakteri sangat tergantung dengan gugus OH bebas dalam matrik *edible film*, semakin banyak gugus OH bebas maka makin tinggi sifat antibakteri. Dalam kasus ini gugus OH senyawa katekin bebas rendah karena gugus OH banyak yang terikat dalam ikatan kompleks. Kemungkinan gugus OH ini berikatan dengan gugus fungsional pati, senyawa aktif ekstrak daun salam, dan lesitin.

DAFTAR PUSTAKA

Amaliya, R. R., dan Putri, W. D. R. (2014). Characterization Edible Film of corn starch with the addition of white saffron filtrate as antibacterial. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2(3), 43-53.

108

Aditya, M. dan Ariyanti, P.R. 2016. Manfaat gambir (*Uncaria gambir* Roxb) sebagai antioksidan. *Medical Journal of Lampung University*, 5(3): 129-133.

3

Atawodi, S.E., Yusufu, L.MD., Atawodi, J.C., Asuku, O., and Yakubu, O.E. 2011. Phenolic Compounds and Antioxidant Potential of Nigerian Red Palm Oil (*Elaeis Guineensis*). *International Journal of Biology*, 3(2): 153-159. DOI: 10.5539/ijb.v3n2p153.

6

Ayustaningwamo F. 2010. Kinetika Parameter Stabilitas Oksidasi Minyak Sawit Merah. [Thesis]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

189

Basiak, E., Lenart, A., and Debeaufort, F. 2017. Effects of carbohydrate/protein ratio on the microstructure and the barrier and sorption properties of wheat starch–whey protein blend edible films. *Journal science of food and agriculture*, 93(7): 858-867. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7807>.

230

Bahriul, P., N. Rahman, dan Diah, A.W.M. 2014. Uji aktivitas antioksidan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) dengan menggunakan 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil, *Jurnal Akademika Kimia*, 3(3): 143-149.

78

Cassiday, L. 2017. Red Palm Oil. *Inform.* 28 (2): 6-10.

166

Cheng, S. H., Barakatun-Nisak, M. Y., Anthony, J., and Ismail, A. 2015. Potential medicinal benefits of *Cosmos caudatus* (ulam raja): A scoping review. *Journal of Research in Medical Sciences* 20(10):1000-1006. DOI:10.4103/1735-1995.172796.

89

Chatakanonda, P., Varavinit, S., and Chinachoti, P. 2000. Effect of crosslinking on thermal and microscopic transitions of rice starch. *Food Sci. and Technol.* 33: 276–284.

Santoso, B., Ranti, Z., Gatot, P., Hermanto, and Sugito. 2019. Utilization of *Uncaria gambir* Roxb filtrate in the formation of bioactive edible films based on corn starch. *Food Science and Technology*, 39(4), 837-842. <https://dx.doi.org/10.1590/fst.06318>.

5 Santoso, B., Marsega, A., Priyanto, G., & Pambayun, R. (2016). Omprovement of physical, chemical and antibacterial properties of ganyong starch based edible film. *Agritech*, 36(4), 379-386.

31 Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., dan Pambayun, R. 2011. Pengembangan *edible film* dengan menggunakan pati ganyong termodifikasi ikatan silang. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 22(2):105-109.

51 Santoso, B., Amilita, D., Priyanto, G., Hermanto, Sugito. 2018. Pengembangan edible film komposit berbasis pati jagung dengan penambahan minyak sawit dan tween 20. *Agritech*, 38(2): 119-124.

Santoso, B. (2011). Integrasi pati termodifikasi, surfaktan, protein, dan katekin pada pembuatan edible film. Disertasi Program Studi Ilmu Industri Pertanian Program Pascasarjana Universitas Sriwiya, Palembang.

20 Shabrina, A. N., Abduh, S.B.M., Hintono, A., dan Pratama, Y. 2017. Sifat Fisik Edible Film yang Terbuat dari Tepung Pati Umbi Garut dan Minyak Sawit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6(3): 138-142. <https://doi.org/10.17728/jatp.239>.

16 Sobral, P.J.A., Santos, J.S., and Garcia, F.T. 2005. Effect of protein and plasticizer concentrations in film forming solution on physical properties of edible film based on muscle proteins of a thai tilapia. *J. Food Eng.* 70: 93-100.

181 Siregar, H.A., Rahmadi, H.Y., Wening, S., dan Suprianto, E. 2018. Fatty acid and carotene composition in *elaeis oleifera*, interspecific hybrid, and the first pseudo-backcross in North Sumatra, Indonesia. *Jurnal penelitian kelapa sawit*, 26(2):91-101. DOI: <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v26i2.44>.

- 58 Sahid, A.P.N. dan Murbawani, E. 2017. Pengaruh bubuk daun kenikir (*Cosmos caudatus*) terhadap kadar glukosa darah tikus diabetes diinduksi Streptozotocin. *Journal of nutrition college*, 5(2): 51-57. <https://doi.org/10.14710/jnc.v5i2.16359>.
- 44 Tanaka, M., Ishizaki, S., Suzuki, T., dan Takai, R. (2001). Water Vapor Permeability of Edible Films Prepared from Fish Water Soluble Proteins as Affected by Lipid Type. *Journal of Tokyo University of Fisheries* 87: 31–37.
- 199 Tanjung, M.R., Rostini, I., Ismail, M.R., and Pratama, R.I. 2020. Characterization of edible film from catfish (*Pangasius sp.*) surimi waste water with the addition sorbitol as plasticizer. *World News of Natural Sciences*, 28: 87-102
- 54 Talja, R.A., Helen, H., Roos, Y.H., and Jouppila, K. 2007. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydr. Polym.* 67: 288-295.
- Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Christopher C.J., Bowyer, M., Singh, S.P., and Vuong, Q.P. 2017. Amylose-lipid complex as a measure of variations in physical, mechanical and barrier attributes of rice starch- γ -carrageenan biodegradable edible film. *Food packaging and shelf life* 14(2): 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.002>
- 106 Tharanathan, R.N. 2003. Biodegradable films and composite coating: past, present and future. *Trends in Food Sci and Technol.* 14: 71-78.
- 83 Yun, Y.H. and Yoon, S.D. 2010. Effect of amylase contents of starches on physical properties and biodegradability of starch/PVA-blended films. *Polym. Bul.* 64: 553-568.
- 122 Yu, L., Dean, K., and Li, L. 2006. Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polym. Sci.* 31: 576–602.
- 70 Yunarto, N. and Aini, N. 2015. Effect of purified gambir leaves extract to prevent atherosclerosis in rats. *Health Science Journal of Indonesia*, 6(2): 105-110.

228

Yuniar, 2006. Pengaruh hidroksipropilasi pati garut (*Maranta arundinacea* L.) dan jenis pemplastis terhadap karakteristik film edible. Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

188

Van Royan, J., Esterhuyse, A.J., Engelbrecht, A.M., and Du Toit, E.F. 2008. Health benefit of a natural carotenoid rich oil: a proposed mechanism of protection against ischaemia/reperfusion injury. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 17: 316-319.

70

Verawati, Nofiandi, D., dan Petmawati. 2017. Pengaruh metode ekstraksi terhadap kadar fenolat dan aktivitas antioksidan daun salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp). *Jurnal Katalisator*, 2(2): 53-60.

52

Villalobos, R., Hernandez-Munoz, P., dan Chiralt, A. (2006). Effect of surfactants on water and barrier properties of hydroxypropyl methylcellulose films. *Food Hydrocolloid*, 20: 502-509.

117

Wurzburg, O.B. 1989. Modified starch, properties, and uses. Boca Raton, Florida: CRC Pr.

BAB VI

18

APLIKASI EDIBLE FILM PADA PRODUK PANGAN

81

Aplikasi kemasan *edible film* didasarkan pada sifat-sifat proteksi dari pengemas dalam aspek meningkatkan umur simpan melalui pencegahan reaksi-reaksi deteriorasi. Kemasan *edible film* dapat mencegah hilangnya senyawa volatile, dapat mempertahankan kandungan vitamin C, derajat brix, dan aroma pada buah jeruk besar. Kemasan *edible film* telah banyak digunakan pada bahan-bahan farmasi, manisan, beberapa produk daging, unggas, dan *seafood*. Selain itu Kroetha *et al.* (1994) menjelaskan agar *edible film* mempunyai efek pengawetan terhadap bahan pangan maka *edible film* harus memiliki fungsi sebagai bahan pengemas seperti pada Tabel 35.

Tabel 35. Kreteria bahan pengemas yang berefek pengawetan

Jenis Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Fungsi Pengemas
Oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kehilangan protein, oksidasi pigmen	Oksigen (O ₂)	Penahan Oksigen (O ₂)
Nilai gizi menurun, perubahan organoleptik, reaksi pencoklatan, dan oksidasi lemak	Uap air	Penahan Uap air
Oksidasi ketengikan, perubahan protein, dan asam amino, kerusakan vitamin, dan perubahan pigmen	Cahaya	Penahan cahaya
Nilai gizi menurun, pembentukan racun, berlendir, dan berjamur	Mikroorganisme	Wadah hermetis
Perubahan organoleptik, kontaminasi perubahan nilai gizi	Gangguan mekanik (getaran, tekanan, vibrasi, abrasi, guncangan)	Materi yang kuat dan dapat ditutup rapat
Pembentukan off flavor, perubahan organoleptik, dan perubahan kimia	Komponen asing/bahan beracun	Ketahanan kimia

Sumber : Kroetha *et al.* (1994)

Potensi *edible film* sebagai bahan pengemas produk pangan yang besar karena bahan kemasan ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu: 1) biaya produksi baik proses maupun bahan baku pembentuk relatif lebih murah dibanding dengan penambahan gas inert dalam kemasan, 2) barrier terhadap gas oksigen dan uap air, dan 3) dapat memperbaiki penampilan produk. Metode aplikasi *edible film* pada produk pangan dapat melalui lima metode, yaitu: 1) pencelupan (*dip application*), 2) penyapuan dengan busa (*foam application*), 3) penyemprotan (*spray application*), 4) penetesanan (*drop application*), dan 5) penetesanan terkontrol (*controlled drop application*) (Ketser dan Fennema, 1986).

Penelitian aplikasi *edible film* sebagai pengemas produk pangan telah banyak dilakukan baik oleh peneliti dalam negeri maupun luar negeri. Santoso (2004) mengaplikasikan *edible coating* sebagai bahan pengemas makanan semi basah (lempok durian). Lempok durian yang dikemas *edible coating* memiliki umur simpan selama 30 hari dibanding dengan tanpa dikemas selama 19 hari. Selain itu, *edible coating* dapat menekan penurunan susut bobot sebesar 36,38%, menekan peningkatan bilangan peroksida sebesar 33,33%, menekan penurunan kadar air sebesar 7,55% dan menghambat pertumbuhan mikroba sebesar 31,20%. Ada beberapa keunggulan lempok durian yang dikemas dengan *edible coating* yaitu: 1) menurunkan A_w permukaan lempok durian sehingga kerusakan lempok durian oleh mikroorganisme dapat dihindari, 2) memperbaiki struktur permukaan bahan sehingga permukaan lempok menjadi mengkilat, 3) mengurangi terjadinya dehidrasi sehingga susut bobot lempok durian dapat dicegah, 4) mengurangi kontak oksigen dengan lempok durian sehingga oksidasi dapat dihindari dengan demikian ketengikan lempok durian dapat dihambat, 5) sifat asli produk seperti flavor tidak mengalami perubahan, dan 6) memperbaiki penampilan produk.

Umur simpan buah tomat yang dikemas dengan *edible film* meningkat 5 hari lebih lama dibanding tanpa kemasan (Indrasti *et al.*, 1999). Park *et al.* (2004) dan Choi *et al.* (2000) berturut-turut mengaplikasikan *edible film* soy protein sebagai pengemas telur dan *edible film* chitosan sebagai pengemas buah apel masing-masing hasil penelitian ini meningkatkan umur simpan. Mawarwati *et al.* (2001) melalui penelitian tentang penggunaan asam askorbat pada *edible film* gandum yang diaplikasikan pada buah apel kupas, bahwa *edible*

film tersebut mampu menghambat perubahan warna coklat akibat proses oksidasi selama penyimpanan. Dawson *et al.* (2003) juga menambahkan bahwa penggunaan asam laurat dan nisin pada film komposit berbasis kedelai dapat meningkatkan umur simpan beberapa produk antara lain daging sapi dan ayam dengan menghambat pertumbuhan *Listeria monocytogenes*.

Selain itu, Hoffman *et al.* (2001) mengungkapkan bahwa *corn zein film* yang dikombinasikan dengan antimikrobia yaitu nisin, asam laurat, dan EDTA mampu menghambat pertumbuhan *Listeria monocytogenes* dan *Salmonella enteridis* pada film tersebut. *Corn zein film* yang diaplikasikan untuk mengemas produk daging dapat mencegah terjadinya proses oksidasi daging walaupun pengaruh kecil. Penambahan asam-asam lemak seperti palmitat dan stearat pada *corn zein film* tidak berpengaruh terhadap pencegahan proses oksidasi (Kimner *et al.*, 1999). Santoso *et al.* (2007) menyatakan bahwa *edible film* pati tapioka yang ditambahkan asam sorbat dapat menghambat pertumbuhan jamur pada lempok durian yang dikemasnya. Santoso *et al.* (2007) menggunakan buah kolong kaling dan lilin lebah dalam *edible film* yang dikombinasikan dengan asam askorbat. *Edible film* yang dihasilkan dapat menghambat menekan laju reaksi oksidasi lempok durian ukuran kecil. Ku *et al.* (2008) melaporkan bahwa *edible film* berbahan dasar *Gelidium corneum* (GC) yang diinkorporasi dengan katekin sebesar 150 mg lalu diaplikasikan pada sosol dapat menghambat pertumbuhan mikrobial *Escherichia coli*, sebesar 1,93 log CFU/g dan *Listeria monocytogenes*, sebesar 1,44 log CFU/g.

Andriasty *et al.* (2015) mengaplikasikan *edible film* pektin kulit pisang raja bulu yang diinkorporasikan minyak atsiri jahe emprit sebagai bahan pengemas tomat cherry dimana tomat cherry ini lebih tahan terhadap pertumbuhan mikrobial dibanding tanpa dikemas *edible film*. Penelitian Aji *et al.* (2016) berhasil meningkatkan umur simpan paprika yang dikemas dengan *edible film* berbasis pati ganyong yang ditambahkan dengan ekstrak daun belimbing wuluh selama 12 hari. Penggunaan *edible film* yang terbuat dari campuran gluten dan gum arab dengan perbandingan 70% : 30% serta asam stearat 0,2% sebagai bahan pelapisan kacang bawang rendah lemak dapat meningkatkan umur simpan produk hingga 1,55 kali (Rachmawati dan Suryani, 2011).

Nasyiah *et al.* (2014) melaporkan bahwa *edible coating* natrium alginat berpengaruh dalam mempertahankan mutu dodol rumput laut selama 8 hari.

Unsa dan Paramastri (2018) menjelaskan bahwa *edible film* berbasis pati bonggol yang diaplikasikan sebagai pengemas buah apel kupas dapat meningkatkan umur simpan 4 hari lebih lama dibanding yang tidak dikemas. Xu *et al.* (2001) *edible film* berbasis protein yang diinkorporasikan dengan asam stearat dapat meningkatkan umur simpan buah kiwi 3 kali dari yang sebelumnya 37 hari. *Edible film* berbasis *Gelidium corneum* (GC) yang mengandung senyawa katekin dapat menghambat proses oksidasi dan meningkatkan umur simpan sosis (Ku *et al.*, 2008). Bojorges *et al.* (2020) mengaplikasikan *edible film* yang diinkorporasikan dengan kunyit sebagai pengemas daging dimana *edible film* ini dapat menghambat terjadi proses oksidasi pada daging tersebut. Buah ceri manis yang dikemas dengan *edible film* chitosan memiliki umur simpan lebih lama dibanding tanpa dikemas (Tokatli dan Demirdoven, 2020). Roti yang dikemas dengan *edible film* yang terbuat dari limbah kulit buah-buahan mengalami peningkatan umur simpan selama 5 hari. Selain itu, penurunan susut bobot dan total bakteri pada roti tersebut (Venkatesh and Sutariya, 2019). Penelitian Utami *et al.* (2019) mengungkapkan pertumbuhan mikrobial dan proses oksidasi pada daging sapi segar dapat dihambat dengan pengemasan *edible film* yang diinkorporasikan dengan minyak kayu manis, disamping itu juga *edible film* ini dapat meningkatkan umur simpan daging sapi segar selama 15 hari.

Hashemi *et al.* (2020) melaporkan bahwa penggunaan *edible film* berbasis pati yang ditambahkan ekstrak *Adiantum Capillus-Veneris* sebagai pengemas buah pir segar dapat meningkatkan antioksidan dan menghambat kontaminasi bakteri dan jamur pada buah tersebut. Buah salak kupas dapat bertahan selama 3 hari pada suhu kamar setelah dikemas dengan *edible film* komposit glukomanan, lilin lebah, dan chitosan (Meindrawan *et al.*, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, L.M.D., Sedyadi, E., Prabawati, S.Y., Nugraha, I. 2019. Aplikasi *edible film* dari apti ganyong dan ekstrak daun belimbing wuluh terhadap masa simpan paprika. *Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium*, 1(1):1-8.
- Andriasty, V., Praseptingga, D., dan Utama, R. Pembuatan *edible film* dari pektin kulit pisang raja bulu dengan penambahan minyak atsiri jahe emprit dan aplikasinya pada tomat cherry. *Jurnal Teknosains Pangan*, 4(4): 1-7.
- Bojorges, H., Corripio, M.A., Cazares, A.S.H., Contreras, J.V.H., and Oliva, A.C. 2020. Effect of the application of an edible film with turmeric (*Curcuma longa* L.) on the oxidative stability of meat. *Food Science and Nutrition*, 8(8): 4308-4319.
- Choi, W.J., Kim, K.M., and Park, H.J. 2000. Preparation of edible coating emulsion for fresh product (http://ift.confex.com/ift/2000/techprogram/paper_3452.htm, diakses 12 Maret 2003).
- Dawson, P.L., Carl, G.D., Actor, J.C., and Han, I.Y. 2003. Effect of Lauric Acid and Nisin-Impregnated Soy-Based Film on The Growth of *Listeria Monocytogenes* on Turkey Bologna. *J. Poult Sci.* 81: 721-726.
- Hashemi, S.M.B., Zahabi, N., Rezaee, Z., Maherani, Z., Boghori, P., and Keshavarz, Z. 2020. Evaluation of a Starch-Based Edible Film as Carrier of *Adiantum Capillus-Veneris* Extract to Improve the Shelf Life of Fresh-Cut Pears. *Journal of Food Safety*, 36(3). <https://doi.org/10.1111/jfs.12241>
- Hoffman, K.L., Han, I.Y and Dawson, P.L. 2001. Antimicrobial Effects of Corn Zein Films Impregnated with Nisin, Lauric Acid, dan EDTA. *J. Food Prot.* 64(6): 885-889.

- Indrasti, N.S., Yuliani, S., dan Permatasari, C. 1999. Aplikasi edible coating dari pektin pod coklat pada penyimpanan buah tomat suhu dingin dan suhu kamar. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 9(1):150-161.
- Ketser, J.J. and Fennema. 1986. Edible film and Coating: A review. *Journal Food Science*, 40: 47-59.
- Krochta, J.M. Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. *Edible Coatings and Film to Improve Food Quality*. Technomic. Publi. Co. Inc. USA.
- Kimner, M., Nielsen H.J.S. and Poulsen L.V. 1999. Antioxidative effects of edibe film in a meat model. *J. Improve Traditional Food for the Next Century*. 172-175.
- Mawarwati, S., Widjanarko, S.B., dan Susanto, T. 2001. Mempelajari karakteristik edible film berantioksidan dari germ gandum (*Triticum aestivum* L.) dan pengaruhnya dalam pengendalian pencoklatan pada irisan apel (*Males sylvestris*). *Jurnal Biosain*. 1(1) : 61-75.
- Meindrawan, B., Ofe, O., Susanto, C.S., Ayman, A., Mangindaan, D., and Kasih, T.P. 2020. Glucomannan-Beeswax-Chitosan Antimicrobial Edible Coating to Maintain the Storage Quality of Salak Fruit (*Salacca zalacca*). *Macromolecular Symposia*, 391(1). <https://doi.org/10.1002/masy.201900164>
- Nasyiah, Y. Darmanto, dan I. Wijayanti. 2014. "Aplikasi *edible coating* natrium alginate dalam menghambat kemunduran mutu dodol rumput laut. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(4): 82-88.
- Park, D.P., Sung, J.H., Choi, H.J., and Jhon, M.S. 2004. Electroresponsive characteristics of higly substituted phosphate starch. *J. Material Sci*. 39: 6083-6086.

- Rachmawati, R.R.E. dan Suryani, C.L. 2011. Optimasi proporsi campuran gluten dan gum arab serta penambahan asam stearate dalam pembuatan *edible film* dan aplikasinya untuk pelapisan kacang bawang rendah lemak. Prosiding seminar nasional membangun daya saing produk pangan berbasis bahan baku lokal, Surakarta 8 Juni 2011, pp 98-106.
- Santoso, B., Priyanti, G., dan Purnomo, R.H. 2007. Pemanfaatan buah kolang kaling sebagai active edible film sebagai pengemas primer lempok durian: Karakteristik sifat fisik dan kimia edible film berantioksidan dan aplikasinya sebagai pengemas primer lempok durian ukuran kecil. *Jurnal Agribisnis dan Industri Pertanian PPS Unsri*, 6 (1): 70-79.
- Santoso, B. 2004. Kajian teknologi edible coating dari pati dan aplikasinya untuk pengemas primer lempok durian. Tesis Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Tokatli, K and Demirdoven, A. 2020. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium L.*). *Scientia Horticulturae*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108656>.
- Unsa, L.K. dan Paramastri, G.A. 2018. Kajian jenis *plasticizer* campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakteristik *edible film* pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1): 35-46.
- Utami, R., Khasanah, L.U., Manuhara, G.J., and Ayuningrum, Z.K. 2019. Effects of Cinnamon Bark Essential Oil (*Cinnamomum burmannii*) on Characteristics of Edible Film and Quality of Fresh Beef. *Tropical Agricultural Science*, 42(4): 1173-1184.
- Venkatesh, A., Sutariya, H. 2019. Studies on Formulation and Properties of Fruit Peel Waste Incorporated Edible Film and its Effect on Quality of Bread. *Journal of Package Technology and Research* 3, 99–108. <https://doi.org/10.1007/s41783-019-00062-z>
- Xu, S., Chen, X., and Sun, D.W. 2001. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50(4): 211-216.

DAFTAR INDEX

- A**
- amilopektin, viii, 25, 26, 27, 31, 35, 38, 41, 44, 46, 50, 73, 78, 79, 81, 82, 96, 98, 133
- amilosa, viii, 25, 26, 27, 31, 35, 38, 41, 44, 46, 48, 49, 50, 54, 73, 75, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 96, 98, 101, 118, 127, 133, 135, 151
- antimikrobia, ii, 6, 21, 24, 55, 58, 63, 64, 65, 157, 178
- antioksidan, ii, iv, vii, ix, x, 6, 19, 20, 21, 24, 58, 63, 109, 130, 131, 132, 133, 137, 140, 141, 144, 145, 148, 152, 153, 154, 157, 158, 160, 161, 165, 166, 169, 175, 180
- aren, vi, viii, 38, 39, 40, 41, 66, 67, 78, 88, 89
- B**
- Bahan kemasan, 2, 3, 4
- bakteri Gram-positif, 143
- bioaktif alami, 8
- biodegradable*, 3, 4, 67, 68, 171, 174
- bioplastik, 4
- biopolimer, 4, 9, 13, 16, 23, 24, 25, 55, 57, 58, 77, 93, 96, 98, 116, 138, 145, 148, 149
- C**
- CMC, vi, viii, 59, 60, 61, 70, 86, 91, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 138, 139, 140, 148, 149, 152, 157
- cross-linking*, 44, 47, 48, 50, 52, 70, 81, 83, 101
- D**
- Daun kenikir, 145
- daun salam, ii, v, vii, x, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 175
- degassing*, 87, 91, 99
- Disc diffusion test*, 18
- DPPH, 19, 20, 172
- E**
- edible film*, ii, iv, v, vi, vii, viii, ix, x, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 48, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 170, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Edible packaging*, 5, 66
- EDTA, 63, 67, 178, 181
- ekstrak gambir, ii, v, vi, vii, ix, x, 109, 112, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 144, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167
- Elongation*, 10
- emulsifier*, vi, 24, 58, 59, 60, 73, 83, 86, 93, 94, 95, 96, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 148
- F**
- fungsional, 62, 73
- G**
- gadung, ii, vi, viii, 25, 31, 32, 33, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 69, 73, 74, 75, 76, 77, 144
- garut, ii, vi, viii, 25, 41, 42, 43, 44, 66, 67, 91, 93, 144, 175
- gelatinisasi, 27, 31, 35, 38, 41, 44, 79, 87, 96, 112
- glukosidase, 33
- Granula pati, 25, 27, 35, 43, 85

H

Haze Meter, 17

hidrofilik, 56, 59, 60, 61, 62, 93, 95, 98, 105, 108, 116, 129, 130, 148, 149, 151, 152, 157, 158, 162
hidrokoloid, 4, 5, 9, 13, 23, 24, 25, 46, 55, 58, 59, 61, 62, 72, 96, 98, 101, 102, 103, 104, 107, 149
hidropobik, 23, 59, 60, 73, 94, 95, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 137, 140, 142, 143, 148, 149, 151, 152, 157, 162
HLB, 24, 58, 59, 94, 98, 104, 105, 108
HPMC, 12, 64, 102, 103, 105, 108, 138, 149

J

jagung, v, ix, 23, 35, 36, 63, 83, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 123, 124, 125, 127, 128, 133, 135, 140, 143, 149, 173
JIS.1975, 9

K

katekin, ix, 58, 64, 69, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 137, 140, 141, 143, 157, 158, 160, 164, 165, 167, 173, 179, 180
Kelarutan, iv, 16, 21, 93, 118, 119
kelembaban relative, 1
komposit., 5, 13, 23, 62, 101, 104, 106, 107, 108, 149

L

lipid., 5
LTUA, 11, 12

M

Microcal Messmer, 9
Mikrobia, 1
mikrobia., 1, 16
minyak sawit, ii, v, vi, vii, 58, 72, 103, 104, 105, 107, 108, 133, 135, 136, 138, 140, 141, 142, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 166, 167, 173
monosteryne, 3
Muller Hinton Agar, 19

N

Nutrient Broth, 19

P

Pati, iv, v, viii, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 51, 67, 75, 78, 83, 88, 89, 91, 93, 101, 105, 170, 173
Peptidoglikan, 114, 142
Permeabilitas, iv, vi, 12, 13, 14
Plasticizer, iv, 61, 62
plastik, ii, 3, 4, 43, 55, 91
POCl₃, vi, viii, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 75, 76, 80, 81, 82, 101, 118
produk pangan, ii, 1, 2, 5, 6, 8, 9, 24, 42, 44, 57, 72, 157, 177, 182
Protein, iv, 12, 13, 14, 23, 30, 32, 42, 55, 56, 68, 69, 70, 115, 116, 117

S

sagu, vi, viii, 35, 36, 37, 38, 41, 73, 78, 89, 91, 145
SEM, iv, 18

T

Tensile Strength, iv, 10
Termodifikasi, iv, 44
Testing Machine MPY, 10
Thickness, iv, 9
Tween 20, 103, 104, 105, 106, 108

U

Ubi kayu, 34
Umbi ganyong, viii, 28, 29, 30

W

water activity, 1, 21
water vapour transmission rate tester Bergerlehr, 11

A

α -1,4-glikosidik, 26
 α -1,6-glikosidik, 27



PROFIL PENULIS

Budi Santoso lahir di Bengkulu, 10 Juni 1975. Lulus sarjana (S1) di Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian pada tahun 1998. Pada tahun 2001 melanjutkan S2 di Program Pascasarjana (PPS)

UNSRI pada Program Studi Agribisnis dengan Bidang Kajian Utama (BKU) Agroindustri, lulus tahun 2004. Setelah diangkat sebagai staf dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada tahun 2002, tahun 2008 melanjutkan Program Doktor (S3) Ilmu-Ilmu Pertanian dengan BKU Teknologi Industri Pangan di PPS Universitas Sriwijaya, Palembang, lulus tahun 2011. Pada tahun 2010 penulis mendapatkan beasiswa *Sandwich-Like* DIKTI dalam rangka penyelesaian penelitian Disertasi Program Doktor (S-3) di Mannheim University, Jerman.

Banyak publikasi yang telah dimuat di berbagai jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional. Penulis juga aktif dalam forum ilmiah dan juga aktif di organisasi profesi yaitu Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (Sekretaris Eksekutif, 2010-2011) dan Perhimpunan Pakar Gizi dan Pangan Indonesia (Ketua cabang Sumatera Selatan, 2016-2020).

Penerbit dan Percetakan

NoerFikri

Jl. Mayor Mahidin No. 142

Tlp./Fax. 0711-366825

E-mail : noerfikri@gmail.com

Palembang - Indonesia

ISBN 978-602-447-617-5



9 786024 476175

edible Film : teknologi dan aplikasinya

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.unsri.ac.id Internet Source	1%
2	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%
3	www.scribd.com Internet Source	1%
4	media.neliti.com Internet Source	1%
5	www.scielo.br Internet Source	1%
6	es.scribd.com Internet Source	1%
7	adoc.pub Internet Source	1%
8	repository.ipb.ac.id Internet Source	1%
9	jurnal.fp.unila.ac.id Internet Source	<1%
10	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1%
11	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1%
12	ejournal.sumselprov.go.id Internet Source	<1%
13	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1%

14	123dok.com Internet Source	<1 %
15	ejournal.kemenperin.go.id Internet Source	<1 %
16	kb.psu.ac.th Internet Source	<1 %
17	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
18	Repository.Ipb.Ac.Id Internet Source	<1 %
19	nurulnuni.wordpress.com Internet Source	<1 %
20	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
21	core.ac.uk Internet Source	<1 %
22	Submitted to Universitas Pelita Harapan Student Paper	<1 %
23	www.ifrj.upm.edu.my Internet Source	<1 %
24	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
25	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
26	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Student Paper	<1 %
27	agritech.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %

29	journal.trunojoyo.ac.id Internet Source	<1 %
30	adoc.tips Internet Source	<1 %
31	id.123dok.com Internet Source	<1 %
32	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
33	misranlawani.blogspot.com Internet Source	<1 %
34	foodscience-technology.com Internet Source	<1 %
35	perbedaannya.com Internet Source	<1 %
36	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
37	lordbroken.wordpress.com Internet Source	<1 %
38	edoc.pub Internet Source	<1 %
39	Budi SANTOSO, Tripena Las Dame SINAGA, Gatot PRIYANTO, HERMANTO. "Effect of natural active compound addition on mechanical and functional properties of canna starch based edible film", Food Science and Technology, 2021 Publication	<1 %
40	Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper	<1 %
41	ejurnal.litbang.pertanian.go.id Internet Source	<1 %

docplayer.info

42	Internet Source	<1 %
43	tpa.fateta.unand.ac.id Internet Source	<1 %
44	jitek.ub.ac.id Internet Source	<1 %
45	jurnalee.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
46	tel.archives-ouvertes.fr Internet Source	<1 %
47	ejournal.undip.ac.id Internet Source	<1 %
48	Dspace.Uii.Ac.Id Internet Source	<1 %
49	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
50	Murdinah Murdinah, Muhamad Darmawan, Dina Fransiska. "Karakteristik Edible Film dari Komposit Alginat, Gluten dan Lilin Lebah (Beeswax)", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2014 Publication	<1 %
51	www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id Internet Source	<1 %
52	riunet.upv.es Internet Source	<1 %
53	agrotek.id Internet Source	<1 %
54	ogma.newcastle.edu.au Internet Source	<1 %
55	repository.upi.edu Internet Source	<1 %

56	www.myfoodresearch.com Internet Source	<1 %
57	repository.iainbengkulu.ac.id Internet Source	<1 %
58	repository.wima.ac.id Internet Source	<1 %
59	Submitted to IAIN Kudus Student Paper	<1 %
60	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
61	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %
62	Submitted to Politeknik Negeri Jember Student Paper	<1 %
63	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
64	www.omicsonline.org Internet Source	<1 %
65	kutankrobek.wordpress.com Internet Source	<1 %
66	teknikcarabudidaya.blogspot.com Internet Source	<1 %
67	ejurnal.ung.ac.id Internet Source	<1 %
68	carbohydrate.kmutt.ac.th Internet Source	<1 %
69	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
70	jurnal.unsyiah.ac.id Internet Source	<1 %

71	Sri Haryani Anwar, Yeni Chandra Dewi, Novi Safriani. "Karakterisasi sifat fisiko kimia pati bengkuang (<i>Pachirrhizus erosus</i>) dan pati ganyong (<i>Canna edulis</i> Kerr) modifikasi [Characteristization on physico-chemical properties of modified canna (<i>Canna edulis</i> Kerr.) and jicama (<i>Pachirrhizus erosus</i>) starches]", <i>Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian</i> , 2021 Publication	<1 %
72	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
73	Miría B. Pérez-Gago, John M. Krochta. "Emulsion and bi-layer edible films", Elsevier BV, 2005 Publication	<1 %
74	repository.istn.ac.id Internet Source	<1 %
75	Food Engineering Series, 2008. Publication	<1 %
76	Submitted to University of Leeds Student Paper	<1 %
77	journal.wima.ac.id Internet Source	<1 %
78	jtp.ub.ac.id Internet Source	<1 %
79	or.nsf.gov.cn Internet Source	<1 %
80	repository.unja.ac.id Internet Source	<1 %
81	vdocuments.site Internet Source	<1 %
82	ejournal.upnjatim.ac.id	

Internet Source

<1 %

83

ouci.dntb.gov.ua

Internet Source

<1 %

84

worldwidescience.org

Internet Source

<1 %

85

www.tandfonline.com

Internet Source

<1 %

86

agro.psu.ac.th

Internet Source

<1 %

87

digilib.uin-suka.ac.id

Internet Source

<1 %

88

ejournal2.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

89

etd.aau.edu.et

Internet Source

<1 %

90

run.unl.pt

Internet Source

<1 %

91

world-food.net

Internet Source

<1 %

92

Annisa Setyaningrum, Ni Ketut Sumarni, Jaya Hardi. "Sifat Fisiko-Kimia Edible Film Agar – Agar Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Tersubstitusi Glycerol", *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 2017

Publication

<1 %

93

Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador

Student Paper

<1 %

94

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1 %

95

Submitted to Universitas Mataram

Student Paper

<1 %

96 idoc.pub
Internet Source

<1 %

97 modernedukasi.blogspot.com
Internet Source

<1 %

98 fitrirosdiana.blogspot.com
Internet Source

<1 %

99 jatp.ift.or.id
Internet Source

<1 %

100 link.springer.com
Internet Source

<1 %

101 repository.eafit.edu.co
Internet Source

<1 %

102 slideheaven.com
Internet Source

<1 %

103 www.authorstream.com
Internet Source

<1 %

104 Khusnul Qotimah, Eko Nurcahya Dewi, Lukita Purnamayati. "Karakteristik mutu edible film karagenan dengan penambahan minyak atsiri bawang putih (*Allim sativum*) pada produk pasta ikan", Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 2020
Publication

<1 %

105 fsct.modares.ac.ir
Internet Source

<1 %

106 repo.unsrat.ac.id
Internet Source

<1 %

107 repository.unsri.ac.id
Internet Source

<1 %

108 wacanaetnik.fib.unand.ac.id

Internet Source

<1 %

109

www.jbc.org

Internet Source

<1 %

110

www.xtplus.co.uk

Internet Source

<1 %

111

Tomy Moga, Roike I Montotolalu, Sigfried Berhimon, Feny Mentang. "Physical characteristics of eddible film from carrageenan with liquid smoke addition", AQUATIC SCIENCE & MANAGEMENT, 2019

Publication

<1 %

112

ejournal.undana.ac.id

Internet Source

<1 %

113

Chamorn Chawengkijwanich, Phikunthong Kopermsub. "Coating Technology for Food Preservation", Wiley, 2012

Publication

<1 %

114

Submitted to Universitas Jenderal Soedirman

Student Paper

<1 %

115

ejournal.unesa.ac.id

Internet Source

<1 %

116

ejournal3.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

117

epdf.pub

Internet Source

<1 %

118

repository.ut.ac.id

Internet Source

<1 %

119

slideus.org

Internet Source

<1 %

120

Rahmi Nurdiani, Abdul Aziz Jaziri, Fitri Septa Puspita. "Karakteristik Kemasan Aktif dari Film Gelatin Ikan dengan Penambahan Ekstrak

<1 %

Daun Jeruju (*Acanthus ilicifolius*)", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2020

Publication

121	Text-Id.123dok.Com Internet Source	<1 %
122	coek.info Internet Source	<1 %
123	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
124	eprints.utm.my Internet Source	<1 %
125	ugmpress.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
126	Cooksey, Kay. "Active Packaging and the Shelf Life of Foods", Food Packaging and Shelf Life A Practical Guide, 2009. Publication	<1 %
127	digilib.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
128	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
129	krishikosh.egranth.ac.in Internet Source	<1 %
130	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
131	scholar.unand.ac.id Internet Source	<1 %
132	ubb.ac.id Internet Source	<1 %
133	www.jitek.ub.ac.id Internet Source	<1 %

134	xdocs.net Internet Source	<1 %
135	Shukla, R.. "Zein: the industrial protein from corn", <i>Industrial Crops & Products</i> , 200105 Publication	<1 %
136	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	<1 %
137	caritasato.blogspot.com Internet Source	<1 %
138	fdocuments.net Internet Source	<1 %
139	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
140	semirata2016.fp.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
141	windusari.blogspot.com Internet Source	<1 %
142	zh.scribd.com Internet Source	<1 %
143	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
144	pdffox.com Internet Source	<1 %
145	rsdjournal.org Internet Source	<1 %
146	www.peipfi-komdasulsel.org Internet Source	<1 %
147	"Starch-Based "Green" Composites", <i>Biodegradable Green Composites</i> , 2016. Publication	<1 %

148	<p>Hamlan Ihsan, Nadra Khairiah, Rufida Rufida. "Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Pati Sagu Rumbia (Metroxylon sagu Rottb) untuk Bahan Baku Cangkang Kapsul (Characteristics of Physical and Chemical Properties of Edible Film of Rumbia Sago Starch for Capsule Shell Material)", Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 2018</p> <p>Publication</p>	<1 %
149	<p>doku.pub Internet Source</p>	<1 %
150	<p>repository.iainpare.ac.id Internet Source</p>	<1 %
151	<p>Judith Henny Mandei. "PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI LIPID TERHADAP KETEBALAN DAN LAJU TRANSMISI UAP AIR EDIBLE FILM RUMPUT LAUT DAN APLIKASINYA SEBAGAI EDIBLE COATINGFILM PADA TOMAT APEL DAN NOGAT", Jurnal Penelitian Teknologi Industri, 2018</p> <p>Publication</p>	<1 %
152	<p>dctaufpel.com.br Internet Source</p>	<1 %
153	<p>docobook.com Internet Source</p>	<1 %
154	<p>ejournal.unibabwi.ac.id Internet Source</p>	<1 %
155	<p>jurnal.unimed.ac.id Internet Source</p>	<1 %
156	<p>polen.itu.edu.tr Internet Source</p>	<1 %
157	<p>simonbwidjanarko.files.wordpress.com Internet Source</p>	<1 %

158	zombiedoc.com Internet Source	<1 %
159	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %
160	ejournal.unisbablitar.ac.id Internet Source	<1 %
161	estudogeral.sib.uc.pt Internet Source	<1 %
162	jurnal.upnyk.ac.id Internet Source	<1 %
163	psasir.upm.edu.my Internet Source	<1 %
164	qdoc.tips Internet Source	<1 %
165	repository.library.fresnostate.edu Internet Source	<1 %
166	Submitted to Kingston University Student Paper	<1 %
167	S Sabil, F Maruddin, T Wahyuni, M Taufik. "Edible film characteristics at different casein concentrations", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 Publication	<1 %
168	Submitted to Universitas Kristen Duta Wacana Student Paper	<1 %
169	Submitted to Universitas Trilogi Student Paper	<1 %
170	Submitted to Universiti Sains Malaysia Student Paper	<1 %
171	Submitted to University of Abertay Dundee Student Paper	<1 %

172	curis.ku.dk Internet Source	<1 %
173	digi.library.tu.ac.th Internet Source	<1 %
174	ifstrj2.um.ac.ir Internet Source	<1 %
175	docplayer.com.br Internet Source	<1 %
176	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
177	jurnal.uns.ac.id Internet Source	<1 %
178	legalstudies71.blogspot.com Internet Source	<1 %
179	malut.litbang.pertanian.go.id Internet Source	<1 %
180	molana88.blogspot.com Internet Source	<1 %
181	www.iopri.org Internet Source	<1 %
182	Pierluigi Caboni, Giorgia Sarais, Alberto Angioni, Francesco Lai, Fabrizio Dedola, Paolo Cabras. "Fate of azadirachtin A and related azadirachtoids on tomatoes after greenhouse treatment", <i>Journal of Environmental Science and Health, Part B</i> , 2009 Publication	<1 %
183	documents.mx Internet Source	<1 %
184	download.garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %

jurnal.umj.ac.id

185	Internet Source	<1 %
186	ojs.unanda.ac.id Internet Source	<1 %
187	simdos.unud.ac.id Internet Source	<1 %
188	www.griffith.edu.au Internet Source	<1 %
189	Submitted to Adnan Menderes Üniversitesi Student Paper	<1 %
190	Polysaccharides, 2015. Publication	<1 %
191	Wu, Liwen, Bouchaib Hraïmel, Xiupu Zhang, Mohmoud Mohamed, Chengwen Sui, Ke Wu, Taijun Liu, Tiefeng Xu, and Qiuhua Nie. "Photonic generation of millimeter-waves using two cascaded Electro-Absorption Modulators in radio-over-fiber systems", 2010 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics, 2010. Publication	<1 %
192	balitbang.pemkomedan.go.id Internet Source	<1 %
193	bp4kkuningan.web.id Internet Source	<1 %
194	insancendekiamandiri.co.id Internet Source	<1 %
195	jasapembuatanptkkurikulum2013.blogspot.com Internet Source	<1 %
196	jurnal.usahid.ac.id Internet Source	<1 %
197	pengolahanpangan.jurnalpertanianunisapalu.com Internet Source	<1 %

198	prosidingpenelitianpengabdiansep2007.000webhostapi Internet Source	<1 %
199	repo.ur.krakow.pl Internet Source	<1 %
200	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
201	www.jurnalscientia.org Internet Source	<1 %
202	www.paud.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
203	Eti Indarti, Arisa Sri Marlita, Zaidiyah Zaidiyah. "SIFAT TRANSPARANSI DAN PERMEABILITAS FILM BIONANOKOMPOSIT POLYLACTIC ACID DAN POLYCAPROLACTONE DENGAN PENAMBAHAN NANOCRYSTALLINE CELLULOSE SEBAGAI PENGISI [Transparency and permeability properties of Bionanocomposite Film of Polylactic Acid and Polycaprolactone, and Nanocrystalline Cellulose as a Filler]", Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian, 2020 Publication	<1 %
204	Isdiana Suprapti, Kelik Perdana Windra Sukma. "Pemberdayaan Perempuan dalam Menunjang Kemandirian Masyarakat Desa Melalui Pelatihan Pembuatan Mocaf (Modified Cassava Flour)", Darmabakti : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat, 2021 Publication	<1 %
205	Khairus Saleh. "Penerapan Supervisi Akademik dalam Meningkatkan Kemampuan Guru Membuat Media Pembelajaran PPT Interaktif di SMAN 2 Mukomuko", JIRA: Jurnal Inovasi dan Riset Akademik, 2021	<1 %

206 McHugh, Tara Habig, and John M. Krochta. "Sorbitol- vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994.

Publication

207 Neswati Neswati, Sahadi Didi Ismanto, Vioni Derosya. "Analisis Kimia dan Sifat Antibakteri Sabun Transparan Berbasis Minyak Kelapa Sawit dengan Penambahan Ekstrak Mikropartikel Gambir", JURNAL AGROINDUSTRI HALAL, 2019

Publication

208 Rustam Musta, Aceng Haetami, Mimi Salmawati. "Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Metanol", Indo. J. Chem. Res., 2017

Publication

209 Sri Hidayati, Zulferiyenni Zulferiyenni, Wisnu Satyajaya. "Optimization of Biodegradable Film from Cellulosa of Seaweed Solid Waste *Euचेuma cottonii* with Addition of Glycerol, Chitosan, CMC and Tapioca", Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 2019

Publication

210 agussupriyadi-st.blogspot.com

Internet Source

211 amsdottorato.unibo.it

Internet Source

212 anzdoc.com

Internet Source

213 baitulherbal.com

Internet Source

214	contohskripsilengkap.wordpress.com Internet Source	<1 %
215	edu.princeedwardisland.ca Internet Source	<1 %
216	endalova.wordpress.com Internet Source	<1 %
217	eprintslib.ummgl.ac.id Internet Source	<1 %
218	garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
219	journal.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
220	jurnal.unpad.ac.id Internet Source	<1 %
221	kehutanan2010usu.blogspot.com Internet Source	<1 %
222	repo.unand.ac.id Internet Source	<1 %
223	repository.ipb.ac.id:8080 Internet Source	<1 %
224	smk-negeri-1-pallangga.blogspot.com Internet Source	<1 %
225	www.alodokter.com Internet Source	<1 %
226	www.mdpi.com Internet Source	<1 %
227	"Antimicrobial Edible Packaging", Contemporary Food Engineering, 2016. Publication	<1 %
228	W R Saman, I Yuliasih, Sugiarto. "Production of biodegradable film based on sweet potato	<1 %

starch with hydroxypropylation-crosslinking",
IOP Conference Series: Earth and
Environmental Science, 2020

Publication

-
- 229 notablesdelaciencia.conicet.gov.ar <1 %
Internet Source
-
- 230 www.ejournal.radenintan.ac.id <1 %
Internet Source
-
- 231 "Advances in Applications of Industrial Biomaterials", Springer Science and Business Media LLC, 2017 <1 %
Publication
-
- 232 Budi Santoso, Doni Andrian Saragih, Gatot Priyanto, Hermanto Hermanto. "The role of gambier filtrate and red palm oil in the formation of canna starch based-functional edible film", Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2021 <1 %
Publication
-
- 233 Leandro Araújo da COSTA, Izaura Cirino Nogueira DIÓGENES, Marília de Albuquerque OLIVEIRA, Sádwa Fernandes RIBEIRO et al. "Smart film of jackfruit seed starch as a potential indicator of fish freshness", Food Science and Technology, 2020 <1 %
Publication
-
- 234 M. Maizura. "Antibacterial Activity and Mechanical Properties of Partially Hydrolyzed Sago Starch?Alginate Edible Film Containing Lemongrass Oil", Journal of Food Science, 8/2007 <1 %
Publication
-
- 235 Rian Adhi Santoso, Yoni Atma. "Physical Properties of Edible Films from Pangasius catfish Bone Gelatin-Breadfruits Strach with

Different Formulations", Indonesian Food Science & Technology Journal, 2020

Publication

236 S Wahyuni, Holilah, Asranudin, M I K Rianse, M S Sadimantara. "Effect of κ -carrageenan concentration on physical and Mechanical properties of vegetable leather based on kelor leaves (*Moringa oleifera* L.)", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

Publication

237 ajistiperkutim13.blogspot.com <1 %
Internet Source

238 dyahitp12.blogspot.com <1 %
Internet Source

239 repository.unair.ac.id <1 %
Internet Source

240 repository.unikama.ac.id <1 %
Internet Source

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On