

APLIKASI EDIBLE FILM TAPIOKA TERMODIFIKASI
SEBAGAI PENGEMAS TEMPE

(Skripsi)

Oleh

DIAN SANTOSO MANALU



FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

ABSTRACT

THE APPLICATION OF MODIFIED TAPIOCA EDIBLE FILM AS A TEMPE PACKER

By

DIAN SANTOSO MANALU

The objective of the research were to determine the concentration of modified tapioca in making *edible films* that can extend the shelf life of tempe, determine the shelf life of tempeh that's packaged with edible films modified tapioca and the last is determine the acceptability of tempeh that is packaged using edible films modified tapioca. This research uses a non factorial Complete Randomized Design (CRD). The main factor of the research is the treatment of tapioca concentrations, that is 4% (K1), 5% (K2) and 6% (K3). Tempe packed with edible film is carried out organoleptic observations including texture, color, aroma and overall acceptance. The data obtained were further tested using the Duncan Multiple Range Test (DMRT) with a level of 5%. The best treatment based on sensory results was tested on the mechanical properties of edible films and estimated the shelf life. The results showed that tempeh packed with modified tapioca edible film had a very significant effect on organoleptic properties including color, texture, aroma and overall reception. The

best treatment in this study is K2 (edible film with a 5% (w/b) modified tapioca) has physical characteristics of edible film with 11.40% percent of elongation. 408.37 Mpa of tensile strength, 0.88 mm of thickness and the water vapor transmission is 12.60 (g/m²/hour). Tempe packed with K2 have 3.58 days shelf life at 17°C storage temperature, 1.97 days shelf life at 27°C storage temperature and 1.13 days shelf life at 37°C storage temperature of.

Keywords: Edible film, modified tapioca, organoleptic properties, shelf life, tempeh.

ABSTRAK

APLIKASI *EDIBLE FILM* TAPIOKA TERMODIFIKASI SEBAGAI PENGEMAS TEMPE

Oleh

DIAN SANTOSO MANALU

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui konsentrasi tapioka termodifikasi dalam pembuatan *edible film* yang dapat memperpanjang masa simpan tempe, mengetahui masa simpan tempe yang dikemas dengan *edible film* tapioka termodifikasi dan mengetahui daya terima tempe yang dikemas menggunakan *edible film* tapioka termodifikasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Faktor utama dalam penelitian ini adalah perlakuan konsentrasi tapioka yaitu 4% (K1), 5% (K2) dan 6% (K3). Tempe yang dikemas edible film dilakukan pengamatan organoleptik meliputi tekstur, warna, aroma dan penerimaan keseluruhan. Data yang diperoleh dilakukan uji lanjut dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf 5%. Perlakuan terbaik berdasarkan hasil sensori dilakukan pengujian sifat mekanik edible film dan dilakukan pendugaan masa simpan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi berpengaruh sangat nyata terhadap sifat organoleptik meliputi tekstur

warna dan penerimaan keseluruhan. Perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu K2 (edible film dengan konsentrasi 5% (b/b) tapioka termodifikasi) memiliki karakteristik fisik edible film dengan persen pemanjangan sebesar 11,40%, kuat tarik sebesar 408,37 Mpa, ketebalan 0,88 mm dan tranmisi uap air sebesar 12,60 (g/m²/jam). Tempe yang dikemas dengan K2 memiliki masa simpan 3,58 hari pada penyimpanan suhu 17°C, 1,97 hari pada penyimpanan suhu 27°C dan 1,13 hari pada penyimpanan suhu 37°C.

Kata kunci : *Edible film*, masa simpan, sifat organoleptik, tapioka termodifikasi, tempe.

**APLIKASI *EDIBLE FILM* TAPIOKA TERMODIFIKASI SEBAGAI
PENGEMAS TEMPE**

Oleh

DIAN SANTOSO MANALU

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **APLIKASI EDIBLE FILM TAPIOKA
TERMODIFIKASI SEBAGAI PENGEMAS
TEMPE**

Nama Mahasiswa : **Dian Santoso Manalu**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1514051070**

Jurusan : **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc.
NIP 19621129 198703 2 002


Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

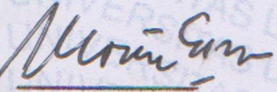

Ir. Susilawati, M.Si.
NIP 19610806 198702 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

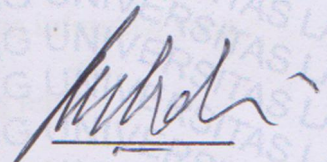
Ketua

: Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc.



Sekretaris

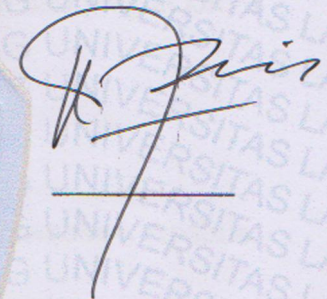
: Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 6 Desember 2019

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah Dian Santoso Manalu NPM 1514051070

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah Hasil karya saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggung jawabkannya

Bandar Lampung, 11 Desember 2019



Dian Santoso Manalu
NPM 1514051070

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di way kekah 07 Januari 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Apdin Manalu dan Ibu Kristin. Penulis mengawali pendidikan formalnya di Taman Kanak-kanak (TK) Proklamasi, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2002, kemudian pada tahun 2003 melanjutkan Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Tanjung Ratu, dan lulus pada tahun 2009. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah yang diselesaikan pada tahun 2015.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif sebagai anggota bidang Seminar dan diskusi pada organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan periode 2016/2017 dan Sebagai Sekertaris Bidang Seminar dan Diskusi periode 2017/2018. Untuk meningkatkan kemampuan sebagai mahasiswa pertanian, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di BARISTAND (Badan Riset dan Standarisasi Industri) Bandar Lampung, Lampung pada bulan Juli – Agustus 2018 dan pada tahun 2018 bulan Januari – Februari,

penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Agung,
Kecamatan Bulok, Tanggamus.

SANWACANA

Puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah memberikan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “*Aplikasi Edible Film Tapioka Termodifikasi Sebagai Pengemas Tempe*” merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian Universitas Lampung. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas bantuan yang diberikan untuk kelancaran proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas izin penelitian yang diberikan.
3. Ibu Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc., selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan bimbingan, saran, bantuan, kesabaran, dan motivasi selama penelitian hingga skripsi ini terselesaikan.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Pembimbing Kedua dan Pembimbing Akademik yang telah menyisihkan waktu dan pikirannya untuk memberikan segala saran, arahan, motivasi, masukan, dan bimbingan dalam penyusunan skripsi serta nasehat yang diberikan selama dibangku perkuliahan.

5. Bapak Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P., selaku Pembahas atas ilmu yang telah diberikan, masukkan, arahan serta saran dalam penyusunan skripsi.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff administrasi di jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas bantuannya selama melakukan penelitian.
7. Kedua orangtuaku tercinta Bapak Apdin Manalu dan Ibu Kristin, serta Adikku Christian Samuel Manalu yang selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi, dan semangat kepada Penulis.
8. Mikha Yunita Siburian, S.P., yang selalu memberikan motivasi dan tidak pernah lupa untuk selalu mendukung dan memberi semangat.
9. Keluarga besar Teknologi Hasil Pertanian 2015 yang selalu memberi dukungan.
10. Kru laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas bantuan dan keramahan dalam melaksanakan penelitian ini.

Penulis berharap semoga Tuhan YME membalas semua kebaikan atas semua pihak yang telah membantu dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca. Amiin.

Bandar Lampung, 11 Desember 2019

Dian Santoso Manalu

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Kerangka Pemikiran.....	5
1.4 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tempe	9
2.2 Mikrobiologi Tenpe	12
2.2.1 Rhizopus Oligosporus.....	14
2.3 Tapioka	15
2.3.1 Modifikasi Tapioka.....	10
2.4 4 Saccharomyces Cereviseae	22
2.5 Edible Film.....	24
2.6 Karakteristik Edible Film.....	26
2.7 Gliserol.....	28
III. BAHAN DAN METODE	30
3.1 Tempat dan Waktu	30
3.2 Bahan dan Alat.....	30
3.3 Metode Penelitian	31
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
1. Persiapan Inokulum S. Cereviseae	31
2. Pembuatan Suspensi Ubi Kayu	32
3. Fermentasi Suspensi Pati	33
4. Penepungan Pati	34
5. Pembuatan Edible film.....	35
6. Aplikasi Edible Film Untuk Mengemas Tempe	37
7. Pengujian Daya Terima Konsumen	38

8. Uji Sifat Edible Film	41
9. Pendugaan Umur Simpan	43
3.5 Variabel Pengamatan	21
3.5.1 Tinggi tanaman	21
3.5.2 Jumlah daun	22
3.5.3 Lebar daun	22
3.5.4 Panjang tangkai daun	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Uji Sensori Tempe yang Dikemas Edible Film Tapioka Termodifikasi	47
4.1.1 Tekstur	47
4.1.2 Warna	50
4.1.3 Aroma	53
4.1.4 Penerimaan Keseluruhan	55
4.2 Penentuan Perlokuan Terbaik.....	56
4.3 Karakteristik Fisik Edible Film Tapioka Termodifikasi	57
4.3.1 Persen Pemanjangan	59
4.3.2 Ketebalan	60
4.3.3 Kuat Tarik	61
4.3.4. Tranmisi Uap Air	63
4.4 Penudugaan Umur Simpan Tempe Kontrol dan Tempe yang Dikemas Edible nfiolm Tapioka Termodifikasi.....	64
4.4.1 Penurnan Mutu Kadar Air Tempe Kontrol	67
4.4.2 Penurunan Mutu Kadar Air Tempe yang Dikemas edible Film Tapioka termodoifkasi	74
V. SIMPULAN DAN SARAN	87
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat Mutu Tempe Kedelai Menurut SNI 3144:2015	9
2. Komposisi kimia tempe.....	10
3. Standar Nasional Indonesia Tapioka.....	17
4. Uji skoring tempe yang dikemas dengan ediblefilm tapioka termodifikasi.....	39
5. Uji skoring Tempe yang Dikemas dengan EdibleFilm Tapioka Termodifikasi	40
6. Nilai skor terhadap Tekstur tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi.....	47
7. Nilai skor terhadap warna tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi.....	50
8. Nilai skor terhadap aroms tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi.....	54
9. Nilai skor terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi	55
10. Penentuan perlakuan terbaik	57
11. Karakteristik fisik edible film tapioca termodifikasi	58
12. Rekapitulasi penolakan panelis terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas edible film tapioca termodifikasi	66
13. Nilai mutu kadar air tempe control selama masa penyimpanan	67
14. Nilai Slope(k), Intercept (b), Korelasi (R ²) penurunan kadar air tempe kontrol selama masa penyimpanan pada suhu bertingkat (ordo 0).....	68

15. Masa Simpan tempe control berdasarkan parameter kadar air (ordo 0) pada berbagai suhu penyimpanan	71
16. Nilai Slope(k), Intercept (b), Korelasi (R ²) penurunan kadar air tempe kontrol selama masa penyimpanan pada suhu bertingkat (ordo 1).....	72
17. Masa Simpan tempe control berdasarkan parameter kadar air (ordo 1) pada berbagai suhu penyimpan	74
18. Nilai mutu kadar air tempe yang dikemas edible film tapioca termodifikasi selama masa penyimpanan	75
19. Nilai Slope(k), Intercept (b), Korelasi (R ²) penurunan kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi selama masa penyimpanan pada suhu bertingkat (ordo 0).....	76
20. Masa simpan tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi berdasarkan parameter kadar air pada reaksi (ordo 0) pada suhu penyimpanan	78
21. Nilai Slope(k), Intercept (b), Korelasi (R ²) penurunan kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi selama masa penyimpanan pada suhu bertingkat (ordo 1).....	80
22. Masa simpan tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi berdasarkan parameter kadar air pada reaksi (ordo 0) pada suhu penyimpanan	82
23. Data hasil pengujian sensori tekstur tempe hari ke-0 oleh 25 panelis ..	99
24 Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-0.....	99
25. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-0.....	99
26. Uji lanjut DMRT terhadap tekstur tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-0.....	100
27. Data hasil pengujian sensori tekstur tempe hari ke-1 oleh 25 panelis ..	100
28. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-1	101
29. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan Edible Film Tapioka Termodifikasi Terhadap Tekstur Pada Hari Ke-1.....	101

30. Uji lanjut DMRT terhadap tekstur tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-1	102
31. Data hasil pengujian sensori tekstur tempe hari ke-2 oleh 25 panelis ..	102
32. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-2	103
33. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-2	103
34. Uji lanjut DMRT terhadap tekstur tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-2	104
35. Data hasil pengujian sensori tekstur tempe hari ke-3 oleh 25 panelis ..	104
36. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-3.....	105
37. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap tekstur pada hari ke-3.....	105
38. Uji lanjut DMRT terhadap tekstur tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-3.....	106
39. Data hasil pengujian sensori warna tempe hari ke-0 oleh 25 panelis ...	106
40. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap warna pada hari ke-0.....	107
41. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap warna Pada Hari Ke-0	107
42. Uji lanjut DMRT terhadap warna tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-0	108
43. Data hasil pengujian sensori warna tempe hari ke-1 oleh 25 panelis ..	108
44. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap warna pada hari ke-1	109
45. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap warna Pada Hari Ke.....	109
46. Uji lanjut DMRT terhadap warna tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-1	110
47. Data hasil pengujian sensori warna tempe hari ke-2 oleh 25 panelis ...	110

48. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap warna pada hari ke-2.....	111
49. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap warna Pada Hari Ke-2	111
50. Uji lanjut DMRT terhadap warna tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-2	112
51. Data hasil pengujian sensori warna tempe hari ke-3 oleh 25 panelis ..	112
52. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap warna pada hari ke-3.....	113
53. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap warna Pada Hari Ke-3	113
54. Uji lanjut DMRT terhadap warna tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-3	114
55. Data hasil pengujian sensori Aroma tempe hari ke-0 oleh 25 panelis ..	114
56. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap aroma pada hari ke-0.....	115
57. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap aroma Pada Hari Ke-0	115
58. Uji lanjut DMRT terhadap aroma tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-0	116
59. Data hasil pengujian sensori aroma tempe hari ke-1 oleh 25 panelis ...	116
60. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap aroma pada hari ke-1	117
61. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap aroma Pada Hari Ke-1	117
62. Uji lanjut DMRT terhadap aroma tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-1	118
63. Data hasil pengujian sensori aroma tempe hari ke-2 oleh 25 panelis ...	118
64. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap aroma pada hari ke-2	119

65. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap aroma Pada Hari Ke-2	119
66. Uji lanjut DMRT terhadap aroma tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-2	120
67. Data hasil pengujian sensori aroma tempe hari ke-3 oleh 25 panelis ...	120
68. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap aroma pada hari ke-3	121
69. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap aroma Pada Hari Ke-3	121
70. Uji lanjut DMRT terhadap aroma tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-3	122
71. Data hasil pengujian sensori penerimaan keseluruhan tempe hari ke-0 oleh 25 panelis.....	122
72. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap penerimaan keseluruhan pada hari ke-0	123
73. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap penerimaan keseluruhan ada Hari Ke 0.....	123
74. Uji lanjut DMRT terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-0.....	124
75. Data hasil pengujian sensori penerimaan keseluruhan tempe hari ke-1 oleh 25 panelis.....	124
76. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap penerimaan keseluruhan pada hari ke-1	125
77. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap penerimaan keseluruhan ada Hari Ke-1.....	125
78. Uji lanjut DMRT terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-1.....	126
79. Data hasil pengujian sensori penerimaan keseluruhan tempe hari ke-2 oleh 25 panelis.....	126
80. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap penerimaan keseluruhan pada hari ke-2	127

81. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap penerimaan keseluruhan ada Hari Ke-2	127
82. Uji lanjut DMRT terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-2.....	128
83. Data hasil pengujian sensori penerimaan keseluruhan tempe hari ke-3 oleh 25 panelis.....	128
84. Uji homogenitas ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi terhadap penerimaan keseluruhan pada hari ke-3	129
85. Analisis ragam tempe yang dikemas dengan edible film tapioka Termodifikasi Terhadap penerimaan keseluruhan ada Hari Ke-3.....	129
86. Uji lanjut DMRT terhadap penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi pada hari ke-3.....	130
87. Data analisis sifat karakteristik fisik sampel edible film tapioka Termodifikasi	131
88. Data analisis water vapor transmission rate edible film tapioka Termodifikasi	131
89. Nilai mutu kadar air tempe selama masa penyimpan.....	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Gliserol.....	29
2. Diagram alir persiapan inokulum <i>Saccaromyces cereviseae</i>	32
3. Pembuatan suspensi pati	33
4. Diagram alir fermentasi suspensi pati	34
5. Diagram alir penepungan pati termodifikasi.....	35
6. Pembuatan edible film.....	36
7. Prosedur aplikasi edible film untuk mengemas tempe.....	37
8. Tempe yang dikemas dengan perlakuan K1 pada penyimpanan hari ke- 3	48
9. Tempe yang dikemas dengan perlakuan K3 pada hari penyimpanan ke-3	49
10. Tempe yang dikemas dengan perlakuan K1 pada hari penyimpanan ke-3	51
11. Tempe yang dikemas dengan Perlakuan K2 pada Penyimpanan Hari ke-3.. ..	52
12. Tempe yang dikemas degan perlakuan K3 pada hari penyimpanan ke-3	53
13. Edible film tapioka termodifikasi 4% (b/b)	58
14. Edible film tapioka termodifikasi 5% (b/b)	58
15. Edible film tapioka termodifikasi 6% (b/b)	59

16. Tranformasi data penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi	66
17. Penurunan mutu kadar air tempe kontrol	68
18. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dan nilai $\ln k$ kadar air tempe kontrol (ordo 0).....	69
19. Ln penurunan mutu kadar air tempe kontrol.....	71
20. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dan nilai $\ln k$ kadar air tempe kontrol (ordo 1).....	72
21. Penurunan mutu parameter kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi	75
22. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dan nilai $\ln k$ kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi (ordo 0)	76
23. Ln penurunan mutu parameter kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi	79
24. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dan nilai $\ln k$ kadar air tempe yang dikemas edible film tapioka termodifikasi (ordo 1)	80
25. Tempe pada penyimpanan suhu 17°C dihari ke-0.....	85
26. Tempe pada penyimpanan suhu 17°C dihari ke-1.....	85
27. Tempe pada penyimpanan suhu 17°C dihari ke-2.....	85
28. Tempe pada penyimpanan suhu 27°C dihari ke-0.....	85
29. Tempe pada penyimpanan suhu 27°C dihari ke-1.....	85
30. Tempe pada penyimpanan suhu 27°C dihari ke-2.....	85
31. Tempe pada penyimpanan suhu 37°C dihari ke-0.....	85
32. Tempe pada penyimpanan suhu 37°C dihari ke-1.....	85
33. Tempe pada penyimpanan suhu 37°C dihari ke-2.....	85
34. Penimbangan singkong	132
35. Pengecilan ukuran singkong	132
36. Pemberian Aquades.....	132

37. Ekstraksi singkong	132
38. Ampas singkong.....	133
39. Penimbangan inokulum <i>S. cerevisiae</i>	133
40. Penuangan inokulum <i>S. cerevisiae</i>	133
41. Penampakan endapan pati singkong	133
42. Fermentasi suspensi pati	133
43. Rendemen tapioka termodifikasi.....	133
44. Penghalusan tapioka.....	134
45. Pengayakan manual dengan Grinder.....	134
46. Pembuatan edible film	134
47. Penambahan Gliserol	134
48. Plat kaca	134
49. Pengemasan tempe menggunakan edible film.....	134
50. Uji sensori tempe.....	135
51. Pengemasan tempe dengan edible film tapioka termodifikasi pada masing-masing perlakuan	135
52. Pendugaan umur simpan tempe pada oenyimpanan suhu 17°C.....	135
53. Pendugaan umur simpan tempe pada penyimpanan suhu 27°C.....	136
54. Pendugaan umur simpan tempe pada penyimpanan suhu 37°C.....	136
55. Pengeringan cawan dengan oven	136
56. Pendinginan cawan.....	136
57. Penimbangan cawan.....	137
58. Pengukuran laju tranmisi uap air edible film tapioka termodifikasi	137

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan produk khas Indonesia yang berbentuk padatan kompak berwarna putih yang diperoleh dari kedelai kupas yang sudah direbus dan difermentasi oleh kapang *Rhizopus sp* (SNI 3144:2015). Fermentasi tempe merupakan fermentasi padat, dengan dua tahapan fermentasi oleh aktivitas bakteri selama proses perendaman kedelai dan fermentasi oleh kapang setelah proses inokulasi (Kustyawati, 2009). Pertumbuhan massa miselium kapang pada proses fermentasi tempe merupakan faktor yang sangat penting (Nout dan Kiers 2005). Sehingga faktor-faktor yang dapat menimbulkan kematian miselium tempe harus diminimalisir. Kebutuhan akan oksigen adalah salah satu faktor yang harus diperhatikan karena kapang tempe bersifat *mikroaerofilik* sehingga diperlukan sedikit oksigen untuk pertumbuhan kapang *R. oligosporus* (Bintari *et al* ; 2008 dan Winanti *et al.* (2014). Oksigen berlebih akan menyebabkan metabolisme Kapang ini berlangsung lebih cepat sehingga spora *R. oligosporus* membentuk miselium yang berwarna hitam (Pratiwi, 2018). Warna hitam atau noda hitam tersebut merupakan indikator penurunan mutu warna tempe yang diakibatkan tumbuhnya spora (Ratnawati, 2008)

Tempe termasuk dalam bahan pangan yang mudah mengalami penurunan mutu, pada dasarnya tempe hanya tahan 2 x 24 jam (Sarwono, 2005). Selama masa penyimpanan tempe akan mengalami penurunan kualitas secara biologis maupun kimiawi, secara biologis yaitu kehitaman, basah dan berlendir (Cahyadi, 2006). Sedangkan secara kimiawi penurunan dapat terjadi karena adanya reaksi deaminasi atau pelepasan gugus amina pada asam amino, gugus amina yang terlepas akan terkonversi menjadi Amonia yang berbau busuk (Sarwono, 2005). Penanganan yang tepat sangat diperlukan untuk meminimalisir penurunan mutu tempe sehingga masa simpan tempe dapat bertahan lebih lama. Faktanya Indonesia menjadi negara pengonsumsi tempe tertinggi di dunia dengan rata-rata konsumsi 6,45 kg per orang per tahun sehingga masalah masa simpan yang pendek tersebut menjadi urgensi tersendiri yang harus ditemukan solusinya (BSN, 2012). Dalam hal ini pengemasan menjadi salah satu solusi penanganan tempe yang digunakan untuk melindungi dari interaksi dengan lingkungan yang dapat menurunkan kualitas dan memperpendek umur simpan produk (Krochta dan Jhontson, 1997). Produk tempe segar memiliki beberapa alternatif kemasan yang sering digunakan, yaitu: PP (polypropilene) dan daun pisang (BSN, 2012). Namun penggunaan dua kemasan ini memiliki kekurangan sebagai pengemas tempe, penggunaan plastik PP sebagai pengemas tempe memiliki resiko karena memungkinkan terjadinya migrasi molekul yang terdapat pada plastik ke dalam bahan makanan (Astuti, 2009). Oleh karena itu pada penelitian ini penulis mencoba mengembangkan kemasan lain yaitu *edible film* tapioka termodifikasi sebagai pengemas alternatif tempe.

Tapioka dijadikan bahan utama dalam pembuatan edible film dinilai sebagai salah satu inovasi yang perlu dikembangkan, hal ini disebabkan keterbatasannya bila digunakan dalam pengolahan pangan yang dinilai memiliki banyak kelemahan. Ketersediannya di alam sangat melimpah tidak disertai dengan pemanfaatannya yang hanya digunakan sebagai sumber karbohidrat, terhitung bahwa jumlah produksi ubi kayu dalam negeri sebesar 22,82 juta ton (Kementrian Pertanian, 2017). Kelemahan yang dimiliki tapioka sebagai pati alami antara lain yaitu waktu pemasakan yang lama (kebutuhan energi tinggi), pasta yang terbentuk keras dan tidak bening, sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam (Koswara, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan sifat dengan cara dimodifikasi, modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul pati ubi kayu yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatik sehingga mempunyai sifat-sifat yang diinginkan seperti viskositas yang stabil pada suhu tinggi dan rendah, berat molekul yang rendah, dan pembentukan gel yang baik (Koswara, 2009). Pada penelitian ini modifikasi tapioka dilakukan secara enzimatik dengan bantuan enzim amilase yang diperoleh dari *S. Cerevisiae*. Modifikasi pati ubi kayu menggunakan *S. cerevisiae* dapat meningkatkan sifat kimia dan fungsional tapioka meliputi penurunan kadar air, penurunan kandungan HCN, penurunan kadar amilosa, penurunan derajat asam, meningkatkan daya kelarutan, menyebabkan erosi pada struktur granula dan *S. cerevisiae* dapat digunakan sebagai agensia modifikasi tapioka untuk meningkatkan kadar protein (Hadi, 2017), (Kustywati, 2013), (Kustywati, 2017).

Tapioka termodifikasi dengan aspek tersebut sangat mungkin untuk diaplikasikan sebagai *edible film* pada tempe.

Edible film merupakan suatu metode pengemasan makanan berbentuk lapisan tipis (Karbowiak, 2005). Lapisan tersebut berfungsi sebagai *barrier* (penghalang) terhadap perpindahan massa yaitu oksigen, lipida dan zat terlarut (Krochta, 1992).

Edible film dapat dibuat dari beberapa jenis bahan seperti polisakarida, salah satunya adalah pati ubi kayu. Penelitian terkait *edible film* pati tapioka telah banyak dikembangkan, antara lain penggunaannya sebagai pengemas produk olahan lempuk (Harris 2001), pengemas antimikroba pada produk jenang (Iestari, 2009), sebagai pengemas bumbu mie instan (Mindarwati, 2006), pengemas pada strawberry (Mauricio, 2016). Penggunaan bahan tunggal seperti pati dalam pembuatan *edible film* masih memiliki kekurangan diantaranya yaitu sifat rapuh, kaku, dan tidak tahan terhadap pemanasan. Sehingga perlu ditambahkan bahan tambahan lain seperti *Gliserol* sebagai plastisizer untuk meningkatkan sifat mekanik edible film tapioka (Fennema, 1989). Selain itu, penambahan *plasticizer* pada larutan pati dapat memecahkan beberapa masalah seperti kelarutan air, kerapuhan dan kemudahan dalam pembentukan film (Pelisaari *et al.*, 2009).

Pada penelitian ini *Edible film* dibuat dari tapioka karena memiliki kelebihan dari segi harganya yang relatif murah, ketersediaanya melimpah, mudah terurai, dan bersifat termoplastik (Mali *et al.* 2005). Menurut Chaplin (2006) kelebihan lain yang dimiliki pati singkong adalah kandungan amilosa yang cukup besar yaitu sebesar 20-27%, kandungan amilosa tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan

sebagai pelapis makanan dikarenakan amilosa mampu membentuk film dengan kekuatan mekanik yang tinggi. Selain itu *edible film* dari pati ubi kayu memiliki kelebihan lain yaitu permeabilitas oksigen rendah, tidak berwarna, tidak berasa, dan transparan Lin dan Zhao (2007). Pengaplikasian *edible film* pada tempe sebagai bahan pengemas alternatif diharapkan dapat melindungi dari interaksi lingkungan dan menjaga pertumbuhan miselium pada tempe sehingga dapat memperpanjang masa simpan tempe.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui konsentrasi tapioka termodifikasi dalam pembuatan *edible film* yang dapat memperpanjang masa simpan tempe.
2. Mengetahui daya terima tempe yang dikemas menggunakan *edible film* tapioka termodifikasi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Tempe merupakan produk yang termasuk dalam komoditas pangan yang mudah rusak. Penyimpanan tempe segar pada suhu ruang memiliki keterbatasan pada daya simpan, yaitu 2-3 hari (Saputra, 2006). Penyebab dari terbatasnya umur simpan tempe disebabkan yaitu aktivitas mikroorganisme lain selain kapang dan adanya pengaruh dari lingkungan berupa oksigen berlebih. Kerusakan tempe ditandai dengan adanya hal tersebut pembentukan warna hitam pada miselium,

tekstur berlendir, tekstur basah atau kering dan adanya bau busuk amonia. Oleh karena itu diperlukan penanganan untuk meminimalisir penurunan mutu tempe sehingga dapat memaksimalkan masa simpan tempe.

Pada penelitian ini penanganan dilakukan dengan mengemas tempe menggunakan *edible film*. *Edible film* tersebut dibuat dari tapioka murni yang sudah termodifikasi. Modifikasi tapioka dilakukan memperbaiki sifat sifat tapioka. Modifikasi dapat dilakukan secara kimiawi, fisik dan enzimatik. Namun pada penelitian ini modifikasi tapioka dilakukan secara enzimatik, modifikasi tapioka secara enzimatik dengan menghidrolisis polisakarida glukosa oleh enzim amilase yang dihasilkan khamir *S. cerevisiae* untuk menguraikan polisakarida (De Mot, 1990). Modifikasi tersebut dilakukan dengan harapan dengan adanya modifikasi secara enzimatik dapat meningkatkan sifat fungsional tapioka yaitu menghasilkan dan mempermudah pembentukan gel yang baik saat pembuatan edible film (Koswara, 2009). Hal ini berkaitan dengan pembuatan edible film dari pati yang pada prinsipnya merupakan proses gelatinasi molekul (Krochta, 1994). Melalui modifikasi pati secara enzimatik dengan bantuan *S. Cerevisiae* akan meningkatkan sifat kimia tapioka meliputi penurunan kadar amilosa, penurunan derajat asam, penurunan kadar sianida (Hadi, 2017) . Selain itu pada penelitian (Kustywati, 2013) penambahan *S. cerevisiae* dapat digunakan sebagai agensia modifikasi tapioka untuk meningkatkan kadar protein dan daya kelarutan. Dengan aspek tersebut sangat mungkin untuk memanfaatkan tapioka termodifikasi sebagai bahan baku *edible film*.

Tapioka termodifikasi dipilih menjadi bahan utama dalam pembuatan film karena lebih aman dibandingkan dengan kemasan tempe yang beredar di pasaran.

Sehingga mampu menjadi bahan pengemas alternatif pengganti kemasan plastik PP (polypropilena) yang beresiko menimbulkan migrasi molekul ke tempe.

Kelebihan lain yang dimiliki *edible film* berbasis polisakarida tapioka memiliki permeabilitas oksigen yang rendah (Lin dan Zhao, 2007) dan kekuatan mekanik yang tinggi diharapkan dalam penerapannya dapat mempertahankan pertumbuhan *miselium* kapang selama masa penyimpanan atau distribusi. Namun terdapat kekurangan terkait sifat mekanis *edible film* yang rendah yaitu mudah rapuh sehingga dibutuhkan bahan tambahan lain seperti gliserol sebagai plastisizer untuk memperbaiki fleksibilitas, kekakuan, kerapuhan dan resistensi yang rendah terhadap pemanasan (Fenema, 1989). Selain itu, penambahan plastisizer pada larutan pati dapat memecahkan beberapa masalah seperti kelarutan air dan kemudahan dalam pembentukan film (Pelisaari *et al.*, 2009). Hal ini sesuai dengan hasil uji coba yang telah dilakukan, dengan semakin meningkatnya penambahan plastisizer dapat meningkatkan fleksibilitas edible film dan mengurangi tingkat kerapuhan film.

Dengan demikian diharapkan penggunaan *edible film* tapioka termodifikasi memberikan hasil yang terbaik sebagai alternatif pengemasan, sehingga dapat memperpanjang masa simpan tempe. Berdasarkan beberapa referensi, penelitian sebelumnya dan hasil uji coba maka pada penelitian ini dibuat menggunakan konsentrasi tapioka termodifikasi 4%, 5%, 6% (b/b) yang ditambahkan gliserol 0,30% (b/v).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat Konsentrasi tapioka termodifikasi dalam pembuatan *edible film* diduga dapat memperpanjang masa simpan tempe.
2. Pengaruh *edible film* terhadap daya terima konsumen yaitu berbeda tapi tidak nyata.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempe

Tempe merupakan makanan asli Indonesia yang dibuat dari hasil fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus sp* (Kustyawati *et al.*, 2016). Menurut Standar Nasional Indonesia 3144-2015, tempe berbentuk padatan kompak yang diperoleh dari kedelai kupas yang sudah direbus dan sudah difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus Sp*. Tempe dapat dikatakan memiliki kualitas baik apabila mempunyai ciri-ciri berwarna putih bersih yang merata pada permukaannya, memiliki struktur yang homogen dan kompak, serta berasa khas tempe dan beraroma khas tempe (Winanti *et al.*, 2014). Syarat mutu tempe kedelai menurut Standar Nasional Indonesia 3144-2015 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat mutu tempe kedelai menurut SNI 3144:2015,

Kriteria Uji	Persyaratan
Keadaan	
- Bau	Bau khas tempe tanpa adanya amoniak
- Rasa	Normal
- Warna	Putih merata pada seluruh tempe
- Tekstur	Normal, kompak jika diiris tetap utuh (tidak mudah rontok)
Kadar air (%b/b)	Maks 65
Abu (%b/b)	Maks 1,5
Protein (%b/b)(Nx6,25)	Min 20
Kadar serat kasar (% b/b)	Maks 2,5

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2015)

Tempe sangat baik untuk dikonsumsi oleh berbagai umur. Sebagai produk yang digemari masyarakat Indonesia, tempe memiliki manfaat baik dari segi nutrisi dan manfaat kesehatan. Produk ini dilengkapi dengan berbagai unsur yang bermanfaat, seperti protein, lemak, karbohidrat, serat, vitamin, enzim, serta komponen antibakteri dan zat antioksidan yang dapat berkhasiat sebagai obat (Cahyadi, 2006 dalam Dwinaningsih, 2010). Dalam proses fermentasi, adanya kapang yang tumbuh akan menguraikan protein, lemak, dan karbohidrat sehingga lebih mudah dicerna oleh tubuh. Enzim proteolitik yang dihasilkan kapang akan menguraikan protein pada tempe menjadi peptida dan asam amino (Rahayu *et al.*, 2015). Berikut adalah komposisi kimia tempe yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia tempe (per 100 g)

Komposisi	Tempe
Energi	193 kkal
Air (g)	59,65
Protein (g)	18,54
Lemak (g)	10,80
Abu (g)	1,62
Karbohidrat (g)	9,39

Sumber : (USDA Nutrient Database for Standard Reference)

Selama proses fermentasi, inokulum kapang yang digunakan akan tumbuh membentuk miselium berwarna putih yang menutupi permukaan kedelai. Miselium yang terbentuk akan menghubungkan antar biji kedelai, membentuk masa yang padat dan kompak, dan menghasilkan tekstur lembut. Kondisi lingkungan Indonesia sangat cocok untuk pembuatan tempe. Indonesia memiliki suhu rata-rata adalah 30°C dan kelembapan relatif sekitar 75 % sepanjang tahun,

hal ini memungkinkan untuk pembuatan tempe setiap saat tanpa membutuhkan ruang dan peralatan khusus (Astawan, 2008).

Pembuatan tempe meliputi tahapan sortasi, pembersihan biji kedelai, perendaman, penghilangan kulit, perebusan, penirisan, pendinginan, inokulasi dengan jamur tempe, pengemasan, inkubasi atau proses fermentasi (Rahayu, K. dan Sudarmaji, S., 1989). Dalam proses pembuatan tempe terdapat proses fermentasi atau inkubasi yang dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

- a. Tahap pertumbuhan cepat (0-30 jam fermentasi), terjadi kenaikan jumlah asam lemak bebas, kenaikan suhu, pertumbuhan jamur cepat, dengan terlibat terbentuknya miselia pada permukaan biji makin lama makin lebat, sehingga menunjukkan masa yang lebih kompak.
- b. Tahap transisi (30-50 jam fermentasi), merupakan tahap optimal fermentasi dan siap dipasarkan. Pada tahap ini terjadi penurunan suhu, pertumbuhan jamur hampir tetap atau bertambah sedikit, flavor spesifik tempe optimal dan tekstur lebih kompak.
- c. Tahap pembusukan fermentasi lanjut (50 – 90 jam fermentasi), terjadi kenaikan jumlah bakteri dan jumlah asam lemak bebas, pertumbuhan jamur menurun dan pada kadar air tertentu pertumbuhan jamur terhenti, terjadi perubahan flavor karena degradasi protein lanjut sehingga terbentuk amonia

Tempe yang dipasarkan di Indonesia pada umumnya menggunakan kemasan daun pisang atau plastik. Pengemasan tempe menggunakan daun pisang pada prinsipnya sama dengan menyimpan tempe dalam ruang gelap dengan memanfaatkan pori-pori yang terdapat pada daun pisang untuk menjaga sirkulasi

udara didalamnya (Suprapti, 2003). Tempe yang dibungkus dengan daun pisang memiliki masa simpan lebih lama karena dapat menciptakan kondisi lembap tetapi tidak terjadi kondensasi uap air yang dihasilkan selama pertumbuhan sehingga pembentukan miselia jamur selama pertumbuhan tidak terhambat. Tempe juga dapat dikemas dengan kemasan plastik *polypropylene*, namun dalam penggunaannya harus diberikan lubang-lubang kecil agar tidak kedap udara. Kelebihan bahan pengemas ini yaitu bahannya ringan, tidak mudah robek mudah terdegradasi. Namun dalam penggunaannya terdapat kekurangan yaitu kemungkinan migrasi molekul-molekul kecil yang terdapat pada plastik kedalam bahan makanan (Astuti, 2009).

2.2 Mikrobiologi Tempe

Inokulum tempe menjadi kunci utama dalam menghasilkan tempe yang berkualitas. Inokulum tempe terdiri dari kumpulan spora kapang yang memegang peran utama dalam pembuatan tempe. Jenis kapang yang berperan utama dalam pembuatan tempe ialah *Rhizopus oligosporus* (Kustyawati *et al.*, 2016). Rahayuet *al.* (2015) menyatakan bahwa dalam pembuatan tempe terdapat beberapa jenis kapang yang memproduksi enzim proteolitik. Spesies kapang *Rhizopus* yang berada dalam tempe antara lain *R. oligosporus*, *R. oryzae*, *R. arrhizus*, dan *R. Stolonifer*.

Dalam pembuatan tempe kapang tersebut mampu memproduksi enzim proteolitik sehinggamemecah protein menjadi peptida dan asam amino. Kandungan gizi kedelai dapat diperbaiki dengan keberadaan kapang pada tempe. Mekanisme

perbaikan tersebut dengan dilakukan menggunakan bantuan kapang *Rhizopus oligosporus* yang memproduksi enzim protease dan mensintesis enzim α -amilase. *Rhizopus oligosporus* mampu menghidrolisis asam fitat menjadi inositol dan fosfat bebas sehingga meningkatkan kandungan fosfor tempe (Kustyawati, 2014). Kemampuan lain yang dimiliki *Rhizopus oligosporus* menghasilkan antibiotik yang melawan mikroba yang tumbuh selama proses fermentasi tempe (Roubous *et al.*, 2010) dan biosintesis vitamin B (Wipradnyadewi *et al.*, 2004).

Selain kapang terdapat mikroba lain yang selalu tumbuh dan terlibat dalam fermentasi tempe yaitu khamir dan bakteri. Bakteri merupakan mikroflora pembuatan tempe dan mempunyai peran yang penting (Kustyawati, 2009). Kandungan bakteri asam laktat pada tempe sangat berperan dalam memberikan aroma dan tekstur yang baik (Efriwati *et al.*, 2013). Begitupun Khamir menurut hasil penelitian Kustyawati (2009), menunjukkan bahwa tempe yang difermentasi dengan penambahan *S. Boulardii* mengandung asam folat paling baik, yaitu 89,28 μ g/100 g, vitamin B₁₂ sebesar 3,95 mcg/100 g, dan *daidzein* sebesar 0,78%. Fermentasi kedelai dengan *R. oligosporus* dan *S. boulardii*, mampu menghasilkan tempe dengan aroma harum manis yang menutupi aroma kedelai alami. Yeast menghasilkan aktivitas proteolitik dan lipolitik yang sangat tinggi, sehingga protein maupun lemak dapat terhidrolisis menjadi asam amino, ester, asam lemak, etanol, *acetaldehid*, *ethylacetate* dan *ethyl butyrate* yang merupakan komponen flavor dan aroma.

Masalah utama pada produk tempe adalah umur simpan yang rendah akibat kadar airnya yang cukup tinggi (55 - 65%). Serta adanya kapang yang terus tumbuh dan

berkembang biak menyebabkan degradasi protein lebih lanjut membentuk amoniak. *Amonia* yang terbentuk menyebabkan munculnya aroma busuk yang menandakan penurunan kualitas tempe (Astawan, 2008 dalam Bastian, *et al.*, 2013).

2.2.1 *Rhizopus oligosporus*

Rhizopus Oligosporus merupakan mikroorganisme utama yang berperan dalam fermentasi kedelai menjadi tempe. *R. oligosporus* pada tempe berperan sebagai pengepakan butiran kacang kedelai menjadi bentuk padat dengan anyaman miselium (Nout dan Kiers 2005 dalam Nurdini *et al.*, 2015). *R. oligosporus* dimanfaatkan dalam pembuatan tempe pada proses fermentasi, karena menghasilkan enzim fitase yang memecah komponen makro kedelai yaitu protein menjadi komponen mikro yaitu asam amino sehingga tempe lebih mudah dicerna dan lebih mudah terserap zat gizinya oleh tubuh (Jennessen *et al.*, 2008).

Pada dasarnya struktur morfologi kapang terdiri dari dua bagian yaitu: miselium dan spora. Miselium terbentuk dari kumpulan hifa. Hifa kapang pada tempe berbentuk serabut-serabut halus seperti kapas yang dapat tumbuh di bawah atau di atas permukaan medium kedelai. Spora yang telah melakukan germinasi membentuk *tuba germ* dan menghasilkan hifa yang selanjutnya akan membentuk miselium (Fardiaz, 1992). Kapang ini memiliki koloni abu-abu sampai biru kecoklatan dengan tinggi kurang lebih 1 mm. *Rhizopus oligosporus* memiliki sporangiofor tunggal atau dalam kelompok dengan panjang lebih dari 1000 μm dan diameter 10-18 μm dengan dinding halus atau agak sedikit kasar. Sporangia jamur ini pada saat masak berwarna hitam kecoklatan ini disebabkan karena

memiliki sifat globosa, dengan diameter 100-180 μm . Ukuran sporangio jamur ini tidak teratur berupa globosa atau elip dengan panjang 7-10 μm (Gueh, 2007).

Rhizopus oligosporus dapat berkembang dengan baik pada temperatur 30-35°C dan memiliki ciri-ciri hifa seperti benang berwarna putih sampai kelabu hitam serta tidak bersekat, memiliki rhizoid dan sporangiospora (Fardiaz, 1992).

Selama fermentasi kapang akan menutupi bungkil kacang tanah secara sempurna dalam waktu 24 jam atau lebih. Pada suhu yang rendah pertumbuhan kapang akan terhambat, dan pada suhu yang terlalu tinggi kapang akan mati. Kapang *Rhizopus oligosporus* mempunyai aktivitas lipolitik tinggi, dan memproduksi suatu antioksidan yang kuat. Warna putih pada tempe disebabkan oleh miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur yang kompak juga disebabkan oleh miselia-miselia yang menghubungkan antara biji-biji kedelai tersebut (Kasmidjojo, 1990). Proses fermentasi menyebabkan terdegradasi protein menjadi senyawa dengan berat molekul lebih sederhana yaitu asam amino enzim protease yang terdapat pada kapang digunakan memecah protein menjadi asam-asam amino bebas (Steinkraus *et al.*, 1965 dalam Ernawati, 2012).

2.3 Tapioka

Tapioka merupakan hasil dari ekstraksi ubi kayu. Sebagai bahan baku tapioka jumlah ubi kayu di Indonesia sangat melimpah, jumlah produksi ubi kayu dalam negeri sebesar 22,82 juta ton (Kementrian pertanian, 2017). Ubi kayu (*Manihot utilisima*) merupakan tanaman lokal yang tumbuh didaerah tropis yang

di Indonesia sendiri banyak digunakan di bidang pangan. Ubi kayu termasuk bahan pangan potensial yang berperan cukup besar dalam mencakupi pangan nasional. Hasil olahan ubi kayu diperlukan dalam berbagai industri pakan, kertas, perekat dan pangan. Tanaman ubi kayu sendiri berasal dari benua amerika yang beriklim tropis. Namun seiring perkembangan zaman budidaya ubi kayu atau singkong telah dilakukan diberbagai negara tropis didunia salah satunya di indonesia (Prihatmanm dan Kemal, 2000).

Semua pati yang terdapat secara alami tak terkecuali tapioka tersusun dari dua macam molekul pektin (amilosa dan amilopektin). Amilosa merupakan polimer berantai lurus, 1-4 *glukosidik*, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan 1-6 *glukosidik*. Amilosa memiliki struktur molekul-molekul dengan rantai lurus yang berdekatan dan bagian rantai yang lurus pada bagian luar atau ujung-ujung amilopektin tersusun dengan arah sejajar. Susunan tersebut membentuk bangunan yang kristalin dan kompak. *Amilopektin* memiliki struktur rantai bercabang yang mempunyai susunan yang kurang kompak atau amorf, sehingga lebih mudah dicapai oleh air dan enzim (Whistler, 2009 dalam Anugrahati, 2001).

Tapioka merupakan pati yang diperoleh dari umbi tanaman ubi kayu (SNI , 2011). Pada tanaman, pati digunakan sebagai cadangan makanan dalam bentuk karbohidrat. Pati yang terkandung dalam ubi kayu mencapai 64 sampai 72 % dari total karbohidrat, sedangkan kandungan amilosa mencapai 17 sampai 20 % dari pati tersebut (Wijayanti dan Kumalasari, 2011). Selain karbohidrat terkandung

berbagai unsur gizi lain yang terdapat pada pati ubi kayu. Kandungan zat gizi yang terkandung dalam 100 gram singkong disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar nasional Indonesia tapioka (SNI 01-3451-2011)

No	Kreteria	Satuan	Persyaratan
1.	Kadar Air	% (b/b)	Maks. 17
2.	Kadar Abu	% (b/b)	Maks 0,6
3.	Serat dan Benda Asing	% (b/b)	Maks 0.6
4.	Derajat Putih	%	Min 94,5
5.	Kekentalan	Engler	3-4
6.	Derajat Asam	ml 1 N Naoh/10 g	<4 mL 1N
7.	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 1
8.	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 10
9.	Seng (Zn)	mg/kg	Maks 40
10.	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks 0,05
11.	Arsen (Ar)	mg/kg	Maks 0,5
12.	Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maks 1.000.000
13.	E.coli	Koloni/g	Maks 10
14.	Kapang	Koloni/g	Maks 10.0000

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2011)

Tepung tapioka yang dibuat dari ubi kayu mempunyai banyak kegunaan, antara lain sebagai bahan pembantu dalam berbagai industri. Pati memegang perananan penting dalam industri pengolahan pangan maupun non pangan, seperti pada industri kertas, lem, tekstil, permen, glukosa, dekstrosa, sirup fruktosa. emanfaatan tersebut. Salah satu pemanfaatan lain tapioka yaitu dijadikan sebagai bahan pengemas *edible film*. Menurut Krochta dan De Mulder-Johnston (1997, dalam Anugrahati, 2001), pemnfaatan *edible film* dari tapioka memiliki karakteristik sifat mekanik yang hampir sama dengan plastik dan kenampakannya transparan. *Edible* dari pati tapioka termasuk ke dalam kelompok hidrokoloid. Umumnya *edible film* dari hidrokoloid mempunyai struktur mekanis yang cukup baik, namun kurang baik terhadap penghambatan uap air. Pada kondisi

kandungan uap air yang tinggi, sifat hidrofilik dari *film* akan menyerap uap air dari lingkungannya (Krochta, 2002).

2.3.1 Modifikasi Tapioka

Modifikasi pati dilakukan untuk mengubah sifat-sifat asli pada pati sehingga pati memiliki sifat atau karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan. Modifikasi ini dilakukan dengan cara merubah struktur molekul dari pati (Koswara, 2009).

Gugus hidroksi pada pati yang telah termodifikasi telah mengalami perubahan dengan reaksi kimia yang dapat berupa esterifikasi, eterifikasi, atau oksidasi (Flenche, 1985). Pati alami dibuat menjadi pati termodifikasi dengan tujuan memiliki sifat-sifat yang dikehendaki seperti : menghasilkan kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, memiliki ketahanan terhadap perlakuan mekanis, daya pengentalannya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang yang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah (Koswara, 2009).

Metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati adalah modifikasi dengan asam, modifikasi dengan enzim, modifikasi dengan oksidasi dan modifikasi ikatan silang. Setiap metode modifikasi tersebut menghasilkan pati termodifikasi dengan sifat yang berbeda-beda. Untuk pati ubi kayu sendiri metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati ubi kayu adalah modifikasi dengan asam, modifikasi dengan enzim, modifikasi dengan oksidasi dan

modifikasi dengan ikatan silang. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul pati ubi kayu yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatis (Hee Young An, 2005).

Modifikasi dengan asam akan menghasilkan pati dengan serat lebih encer jika dilarutkan, lebih mudah larut, dan berat molekulnya lebih rendah. Modifikasi dengan enzim, biasanya menggunakan enzim alfa *amilase*, menghasilkan pati yang kekentalannya stabil pada suhu panas maupun pati dengan sifat lebih jernih, kekuatan regangan dan kekentalannya lebih rendah. Sedangkan modifikasi dengan ikatan silang menghasilkan pati yang kekentalannya tinggi jika dibuat larutan dan lebih tahan perlakuan mekanis (Yavuz, 2003).

Pati termodifikasi banyak digunakan dalam bidang pangan dan non pangan. Dibidang pangan dibutuhkan penggunaannya dalam pembuatan *salad cream*, *mayonaise*, saus kental, jeli marmable, produk-produk konfeksioneri (permen, coklat dan lain-lain), *breaded food*, *lemon curd*, pengganti gum arab dan lain-lain. Untuk di bidang non pangan banyak digunakan pada industri kertas (*paper coating*, *surface sizing*), industri tekstil (*sizing*, *finishing*, *printing thickening*, *laundry finishing*), bahan bangunan (*wall boards*, *acoustic tiles*, *additive wood pulp*,). Penggunaan lain pati termodifikasi digunakan juga sebagai bahan pencampur pada pelarut insektisida dan fungisida, bahan pencampur sabun detergen dan sabun batangan (Koswara, 2009).

Pati dapat dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil yaitu dengan memotong ikatan-ikatan glikosidiknya. Untuk memotong ikatan glikosidik tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan enzim. Enzim *-amilase* merupakan salah satu

enzim yang dapat memotong ikatan tersebut. Enzim α -amilase (α -1,4 glukon hidrolase atau EC 3.2.1.1) terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. Alfa *amilase* murni dapat diperoleh dari berbagai sumber, misalnya dari malt (barley), air liur manusia dan pankreas, dapat juga diisolasi dari *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* (Reilly, 1985), *Sacharomyces cereviseae* (Kustyawati, 2013).

Cara kerja enzim α -amilase adalah memutus ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun pada amilopektin. Umumnya

α -amilase memotong ikatan di bagian tengah rantai sehingga menurunkan kemampuan pati mengikat zat warna iodium. Hidrolisis dengan α -amilase menyebabkan amilosa terurai menjadi maltosa dan maltotriosa. Pada tahap selanjutnya *maltotriosa* terurai kembali menjadi *maltosa* dan *glukosa* (Fogarty, 1983). Laju hidrolisis dipengaruhi tingkat polimerisasi dan bentuk rantai, laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun, dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus. Amilosa lebih cepat terhidrolisis dibandingkan dengan amilopektin (Girindra, 1983).

Winarno (1983) menyatakan bahwa cara kerja enzim α -amilase terjadi melalui dua tahap, yaitu : pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan amltrotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas yang cepat pula. Kedua, relatif sangat lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim α -amilase pada molekul amilosa.

Aktivitas optimal dari enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor penting yang berpengaruh di antaranya adalah pH dan suhu. Kisaran pH optimum untuk enzim α -amilase berkisar antara 4,5 – 6,5 dan dengan kisaran suhu optimum 40°C – 60°C (Fogarty, 1983). Enzim yang dihasilkan oleh kapang *Aspergillus oryzae* mempunyai aktivitas optimum pada pH 5,5 dan suhu 37°C – 40°C (Hartanto, 1987).

Dalam proses hidrolisis ukuran granula menjadi faktor yang penting karena adanya perbedaan luas permukaan, Valkel dan Hope (1963) menyatakan absorpsi amilase oleh granula pati sebanding dengan luas permukaan dan α -amilase yang dapat mendegradasi granula sehingga dapat dihidrolisis. Menurut pendapat lain Mc. Laren (1963) memperlihatkan bahwa kecepatan hidrolisis sebanding dengan luas permukaan granula yang kontak dengan pelarut, jadi pada beberapa konsentrasi pati dan pada tingkat konsentrasi enzim, kecepatan hidrolisis sebanding dengan luas permukaan. Hubungan antara komposisi dan sifat dari pati telah diteliti dengan menggunakan sampel yang dipisah-pisahkan menurut ukuran butiran pati. Kandungan amilosa dari tiap fraksi berbanding terbalik dengan diameter granula (Gluskey *et al.*, 1980).

Modifikasi pati melalui proses fermentasi merupakan metode modifikasi secara enzimatik. Secara alamiah modifikasi pati melalui proses fermentasi dilakukan dengan penambahan mikroba. Pada proses fermentasi, mikroba juga akan menghasilkan enzim yang akan menghidrolisis pati sehingga dihasilkan pati modifikasi dengan sifat yang mirip dengan pati yang dimodifikasi oleh enzim. Pada penelitian ini pati ubi kayu dimodifikasi melalui proses fermentasi

pemanbahan *S. cerevisiae*. Menurut penelitian Kusyawati (2012), pati hasil fermentasi dengan *S. cerevisiae* memiliki kadar protein (2,17%) secara signifikan lebih tinggi dari kadar protein tapioka alami (0,28%). Sementara itu, kadar amilosa tapioka terfermentasi (24,83%) lebih rendah dari amilosa tapioka alami (28,57%). Penambahan *S. cerevisiae* dapat meningkatkan kadar Fe, Mg, dan Ca tapioka, tetapi kadar Zn nya menurun. Struktur granula pati tapioka terfermentasi juga menunjukkan adanya erosi di bagian tepi granula. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *S. cerevisiae* dapat digunakan sebagai agensia modifikasi pati untuk meningkatkan kadar protein dan daya kelarutan.

2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan cendawan berupa khamir (yeast) sejati yang tergolong eukariot yang mempunyai potensi kemampuan tinggi sebagai imunostimulan. *Saccharomyces cerevisiae* umumnya memiliki bentuk elipsoidal dengan diameter yang besar antara 5-10 μm dan diameter yang kecil antara 1-3 μm sampai 1- 7 μm . Ciri khamir ini adalah memiliki warna putih kekuningan yang dapat dilihat diatas permukaan koloni (Nurhakim *et al.*,2016). Khamir seperti *S. cerevisiae* bereproduksi dengan cara membelah diri dengan *budding cell*. Reproduksi khamir dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta jumlah nutrisi yang tersedia bagi pertumbuhan sel. Pada penampakan mikroskopik koloni khamir ini berbentuk bulat, berwarna kuning muda, permukaannya licin, bertekstur lunak dan memiliki sel bulat dengan askospora 1 – 8 buah (Ahmad, 2005).

Saccharomyces cerevisiae adalah jenis khamir yang banyak dimanfaatkan oleh manusia (Singleton dan Sainsbury, 2006). Khamir ini merupakan organisme penghasil amilase yang dinilai cukup berpotensi. Aktivitas enzim amilase terutama iso amilase dapat menghidrolisa ikatan α -1,6 pada amilopektin (Kustyawati *et al.*, 2013). Selain itu manfaat lain dari *Saccharomyces cerevisiae* yaitu banyak mengandung protein, karbohidrat, dan lemak yang dibutuhkan manusia dan hewan guna melengkapi kebutuhan nutriennya sehari-hari. *S. cerevisiae* juga mengandung vitamin, khususnya vitamin B kompleks. *S. cerevisiae* mudah dicerna oleh tubuh dan tidak menularkan atau menimbulkan penyakit (Purwitasari *et al.*, 2004).

Fase pertumbuhan sel *S. cerevisiae* dimulai dari dalam fase adaptasi (fase lag) yaitu pada jam ke-0 sampai ke-24, sel beradaptasi dengan kondisi lingkungannya. Pada fase ini terjadi perombakan substrat menjadi nutrisi untuk pertumbuhannya. Selanjutnya memasuki fase pertumbuhan eksponensial (fase log). pada jam ke-24 sampai jam ke-48 ditandai dengan percepatan pertumbuhan sel mikroba. Setelah jam ke-48, sel khamir memasuki fase kematian karena metabolit primer yang dihasilkan bersifat racun bagi khamir (Kavanagh, 2005). Menurut Reed dan Nagodhawithana (1988) komposisi kimia *S. cerevisiae* terdiri atas protein kasar 50-52%, karbohidrat 30-37%, lemak 4-5% dan mineral 7-8%. Khamir memproduksi enzim amilase di luar sel. Enzim-enzim yang dihasilkan oleh khamir antara lain enzim protease, enzim lipase, enzim peptidase, enzim invertase, dan enzim zimase (Winarno, 1984).

Kelebihan khamir secara ekonomis dapat terlihat dari kemampuan khamir memecah pangan berkarbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida.

Proses ini disebut sebagai fermentasi alkohol yang berlangsung secara anaerob atau tanpa oksigen. Selain itu khamir juga memiliki sekumpulan enzim yang diketahui sebagai zymase yang memiliki peran dalam fermentasi senyawa-senyawa gula (Gaman dan Shereington, 1992). *S. cerevisiae* dapat memfermentasi semua jenis gula sederhana (heksosa) kecuali slobioasa, laktosa, sarbosa, dan rhamnosa. Kandungan pati akan dirubah menjadi gula sederhana oleh enzim yang ada pada khamir dan kemudian dirubah menjadi alkohol, asam-asam organik, karbondioksida dan air (Fardiaz, 1992).

2.5 Edible Film

Edible *film* merupakan jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan terbarukan, seperti selulosa, pati dan minyak nabati. *Edible film* dapat hancur atau terurai secara alami oleh mikroorganisme, bakteri dan jamur. Edible film memiliki sifat yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Bastioli, 2005). Komponen penyusun *edible film* dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu;hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid yang cocok antara lain senyawa protein, turunan selulosa, alginat, pektin, pati dan polisakarida lainnya. Lipida yangbiasa digunakan *waxes*, asilgliserol, dan asam lemak. Sedangkan komposit merupakan gabungan lipida dengan hidrokoloid (Dohowe dan Fennema, 1994 dalam Krochta *et. al.*, 1994). *Edible film* sendiri memiliki berfungsi sebagai penghambat perpindahan uap air, penghambat pertukaran gas, pencegah kehilangan aroma,

pencegah perpindahan lemak, peningkatan karakteristik fisik, dan pembawa zat aditif (Austin, 1985).

Karakteristik *Edible film* yang perlu diamati secara umum antara lain kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), transmisi uap air (Harsunu, 2008) dan kelarutan (Gontard and Guilbert, 1992). Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film sebelum film putus atau robek. Hasil pengukuran kuat tarik berhubungan dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan film. Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga *film* terputus. Nilai transmisi uap film digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas di dalamnya (Harsunu, 2008). Kelarutan adalah persentase kelarutan biodegradable film yang dilihat dari berat kering setelah dicelupkan dalam air selama waktu tertentu (Gontard and Guilbert, 1992)

Berdasarkan komponen penyusunnya *edible film* dapat dibuat dari tiga macam komponen yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid yang cocok antara lain senyawa protein, turunan selulosa, alginat, pektin, dan pati. Lipida yang biasa digunakan gliserol, waxes, gliserol dan asam lemak, sedangkan komposit merupakan gabungan komponen hidrokoloid dengan lipida. *Edible film* yang terbuat campuran lipida dan polisakarida sangat baik digunakan sebagai *barrier* perpindahan uap air, sehingga mampu menjaga umur simpan produk. Di sisi lain, *biodegradable film* yang terbuat dari campuran protein dan polisakarida baik digunakan sebagai penghambat perpindahan gas yang efektif untuk mencegah oksidasi lemak (Averous, 2004).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *edible film* dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (*nonrenewable resources*) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat biodegradable, dan kelompok kedua adalah dengan keseluruhan bahan baku dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu seperti lumpur aktif atau limbah cair maupun padat yang kaya akan bahan-bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Astuti, 2010).

2.6 Karakteristik *Edible Film*

Secara umum karakteristik dari *edible film* adalah terdiri dari kuat tarik (*puncture strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), transmisi uap air dan ketebalan

a. Kuat tarik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* putus atau robek. Kuat tarik menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada *film* selama pengukuran berlangsung. Hasil pengukuran kuat tarik berhubungan erat dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan *film* (Harsunu, 2008). Standar kuat tarik yang harus dicapai pada *biodegradable film* sebesar 56-100 MPa dengan menggunakan bahan baku yang berdasar dari sumber daya alam.

b. Persen pemanjangan

Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga *film* terputus. Umumnya *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan membuat nilai persen pemanjangan suatu *film* meningkat lebih besar (Harsunu, 2008). Berdasarkan standar plastik internasional ASTM D638 ditetapkan standar persen pemanjangan yang harus dicapai untuk *biodegradable film* sebesar 10-20%

c. Permeabilitas uap air

Nilai laju transmisi uap air suatu jenis film digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas di dalamnya. Nilai laju transmisi uap juga digunakan untuk menentukan produk atau bahan pangan apa yang sesuai untuk kemasan tersebut (Harsunu, 2008). Menurut Japanese Industrial Standard (JIS) dalam Mindarwati (2006) plastik film yang baik untuk kemasan makanan adalah film yang mempunyai nilai permeabilitas uap air maksimal 10 gr/m²/hari.

d. Ketebalan

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap kualitas edible film sebagai bahan pengemas. Ketebalan akan mempengaruhi transmisi uap air dan gas sehingga akan mempengaruhi karakteristik mutu produk yang akan dikemas. Semakin tinggi nilai ketebala *edible film* maka edible film yang dihasilkan akan semakin kaku dan keras. Dalam penerapannya ke produk dengan semakin tebalnya edible film maka akan semakin aman bagi produk karena meminimalisir kontak fisik dengan lingkungan. Hal yang mempengaruhi ketebalan *edible film* adalah konsentrasi bahan dan total padatan dalam larutan

(Jacoeb *et al.*, 2014). Semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut, maka ketebalan film akan meningkat. Peningkatan jumlah padatan dalam larutan akan berbanding lurus dengan jumlah polimer yang menyusun matriks *edible film* (Ningsih, 2015).

2.7 Gliserol

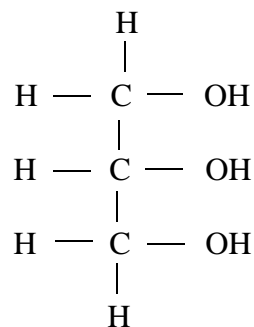
Gliserol adalah alkohol terhidrik, nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3-propanetriol atau $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya liquid sirup, meleleh pada suhu $17,8^\circ\text{C}$, mendidih pada suhu 290°C dan larut dalam air dan etanol. Gliserol memiliki sifat yaitu higroskopis, seperti menyerap air dari udara. Gliserol terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan minyak. Gliserol termasuk jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air (Huri dan Nisa, 2014).

Gliserol adalah *plasticizer* terbaik untuk polimer yang dapat larut dalam air, gliserol memiliki sifat yaitu titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, *non volatile* dan dapat bercampur dengan protein. Senyawa ini merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein. Sifat – sifat tersebut yang menyebabkan gliserol cocok digunakan sebagai *plasticizer*.

Gliserol lebih cocok digunakan sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair. Bentuk cair gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan film atau coating dan terlarut dalam air dibandingkan dengan *plasticizer* lain seperti sorbitol yang sulit bercampur dan mudah mengkristal disuhu ruang (Hart, 2003).

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol *polihidrat* dengan 3 buah gugus

hidroksil dalam satu molekul (*alkohol trivalen*). Gliserol memiliki berat molekul 92,1 g/mol dan massa jenis 1,23 g/cm³. Rumus molekul gliserol adalah C₃H₈O₃ dengan nama kimia 1,2,3, - propanatriol.



Gambar 1. Struktur gliserol
Sumber: (Winarno, 1997)

Pada penelitian ini gliserol dalam pembuatan edible film dapat berinteraksi dengan hidrokoloid pati melalui pembentukan ikatan pati dengan plastisizer yang menggantikan ikatan hidrogen yang terbentuk antar polimer pati selama pembentukan biopolimer film (Bourtom, 2007). Gliserol memiliki kemampuan untuk menurunkan ikatan hidrogen internal dengan memperluas ruang antar molekul sehingga menurunkan kekakuan dan meningkatkan stabilitas film. Ruang kosong antar molekul tersebut di isi oleh plastisizer sehingga plastisizer akan menurunkan tegangan yang disebabkan interaksi antar molekul pati. (Krochta, 1994).

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Teknologi dan Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta Laboratorium Kimia Organik Fakultas Mipa Institut Teknologi Bandung Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April–Oktober 2019.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan film adalah tapioka termodifikasi dari singkong kasesa, tempe yang diperoleh dari rumah produksi tempe Bapak Zaini di Gunung Sulah, Lampung. Bahan lain yang digunakan adalah *S. cerevisiae*, gula tebu, aquades, air, Glycerol, silica gel dan NaCl. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah toples kaca, toples plastik, pisau *stainless steel*, pamarut, kain saring, kain kasa, hot plate, Aluminium Foil, pipet volumetri, Erlenmeyer, Beaker Glass, plat kaca, Shaker Water Bath, *Electronic Universal Testing Machine* WDW-100E, neraca analitik, Cawan porselen, Oven blower, Desikator dan peralatan laboratorium lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak lengkap Non Faktorial. Fermentasi tapioka dilakukan dengan kultur terendam menggunakan *S. cerevisiae*. Faktor utama dalam pemililitian ini adalah perlakuan konsentrasi tapioka yaitu 4% (K1), 5% (K2) dan 6% (K3) masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Data hasil pengamatan dilakukan uji asumsi anara yaitu uji Barlett untuk mengetahui kesamaan ragam data dan uji Tuckey untuk mengetahui kemenambahan data lalu dilakukan sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar perlakuan. Selanjutnya data diolah lebih lanjut dengan uji Duncan dengan $\alpha = 0,05\%$.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

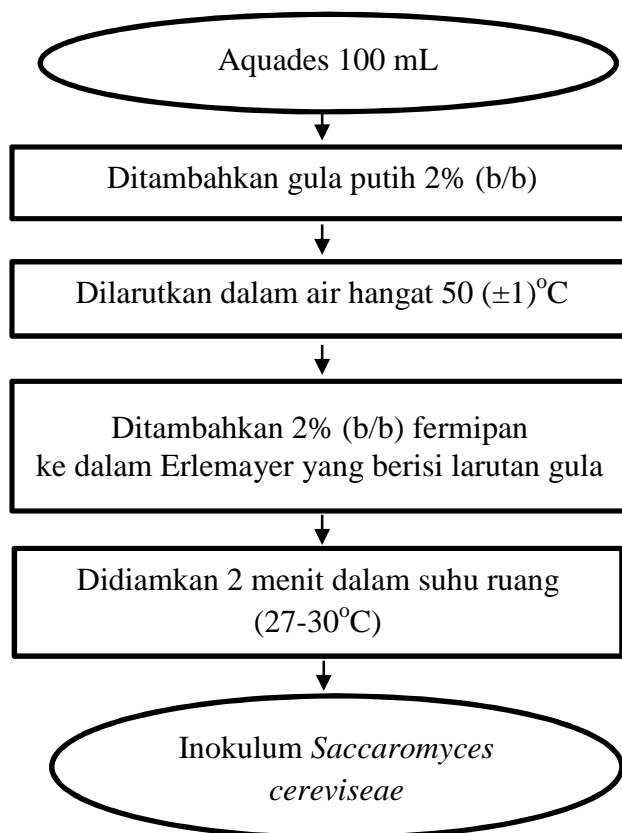
Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan dalam enam tahap meliputi :

(1) Persiapan inokulum *S. cerevisiae*, (2) Pembuatan Suspensi Pati Ubi Kayu, (3) Fermentasi Suspensi Pati, (4) Penepungan Pati, (5) Pembuatan Edible film, (6) pengaplikasian ke tempe, (7) Pengujian daya terima konsumen, (8) pengujian sifat mekanis, (9) Pengujian masa simpan produk dengan metode arhenius parameter kadar air.

1. Persiapan Inokulum *S. cerevisiae*

Persiapan inokulum *S. cerevisiae* dilakukan dengan pembuatan larutan gula putih terlebih dahulu, dibuat 2% (b/b) gula putih dilarutkan ke aquades 100 mL dan dipanaskan pada suhu 50°C didalam pemanas air. Setelah larutan gula homogen kemudian ditambahkan 2% (b/b) Fermipan dan didiamkan selama 2 menit pada

suhu ruang, kemudian inokulum siap untuk digunakan. Adapun tahap persiapan inokulum *S. cerevisiae* dapat dilihat pada Gambar 2.



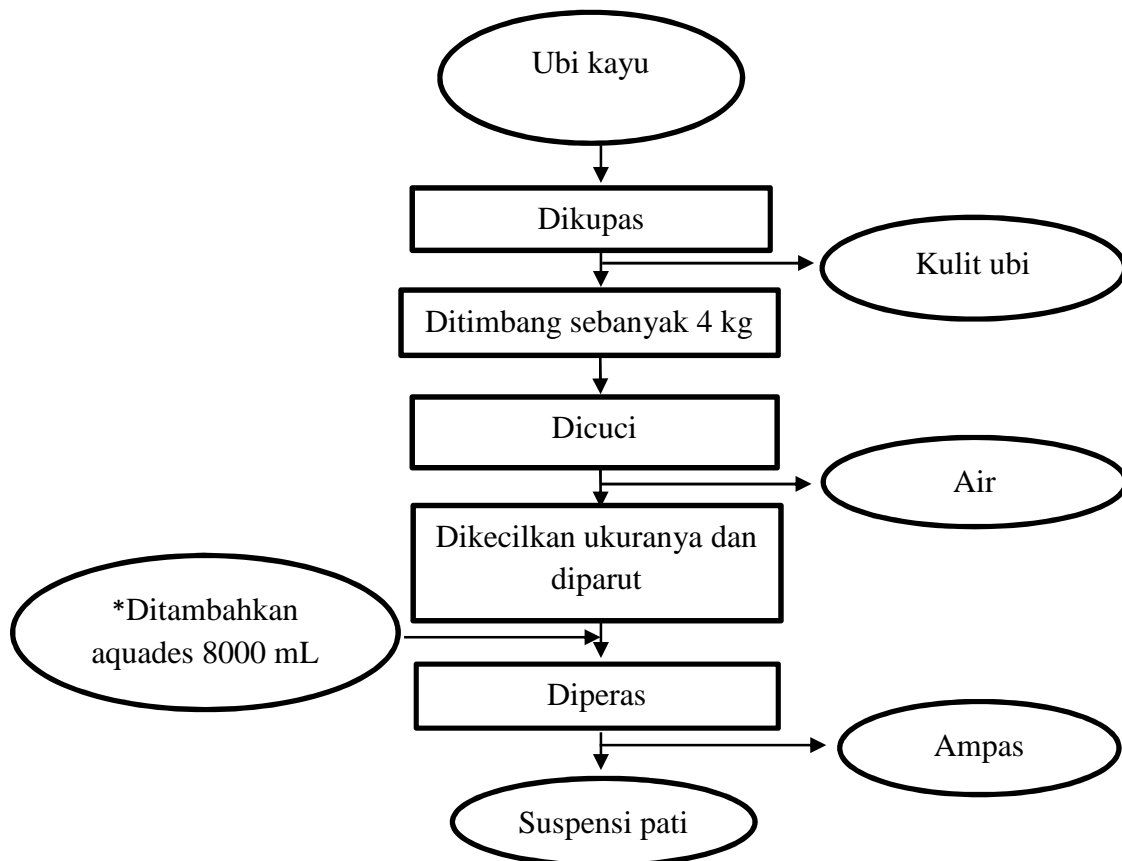
Gambar 2. Diagram alir persiapan inokulum *Saccharomyces cerevisiae*
Sumber : (Hadi, 2017 dimodifikasi*).

2. Pembuatan Suspensi Pati Ubi Kayu

Ubi kayu dikupas dan dipisahkan dari semua kulit. Setelah itu, sebanyak 4 kg ubi kayu makan dibersihkan dengan air. Ubi kayu dipotong menjadi beberapa bagian potongan kecil kemudian diparut hingga menjadi adonan bubur.

Hasil parutan ditambahkan aquades sebanyak 6000 mL. Setelah itu bubur pati yang telah ditambahkan aquades di ekstraksi. Proses ini dilakukan untuk memperbanyak jumlah sel-sel pati yang keluar dari jaringan ubi dengan menggunakan kain saring 2 lapis. Setelah dilakukan proses ekstraksi didapatkan

hasil samping berupa ampas yang masih mengandung pati maka diekstraksi kembali dengan ditambahkan 2000 mL Aquades. Selanjutnya suspensi pati didiamkan selama 60 menit agar endapan pati terpisah dengan air. Setelah 60 menit suspensi pati dapat digunakan. Adapun prosedur pembuatan suspensi pati singkong dapat dilihat pada Gambar 3.

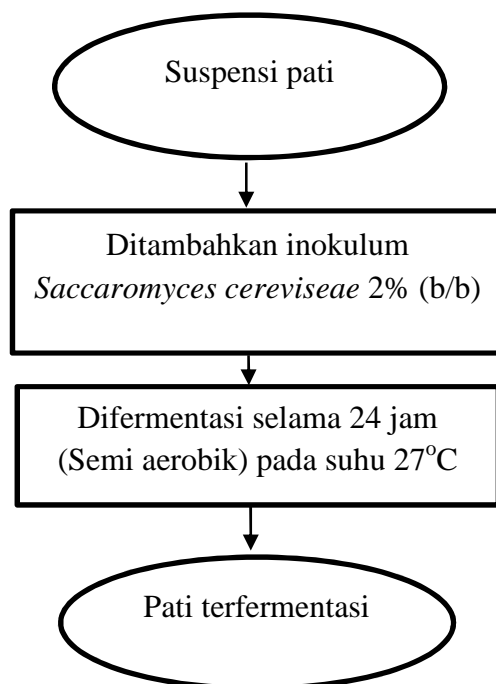


Gambar 3. Pembuatan suspensi pati
Sumber : (Hadi, 2017).

3. Fermentasi Suspensi Pati

Fermentasi suspensi pati dilakukan dengan metode kultur terendam dan penambahan inokulum *S. cerevisiae* 2 % (b/v) yang ditumbuhkan terlebih dahulu dengan penambahan larutan gula. Sebelum dilakukan penambahan inokulum

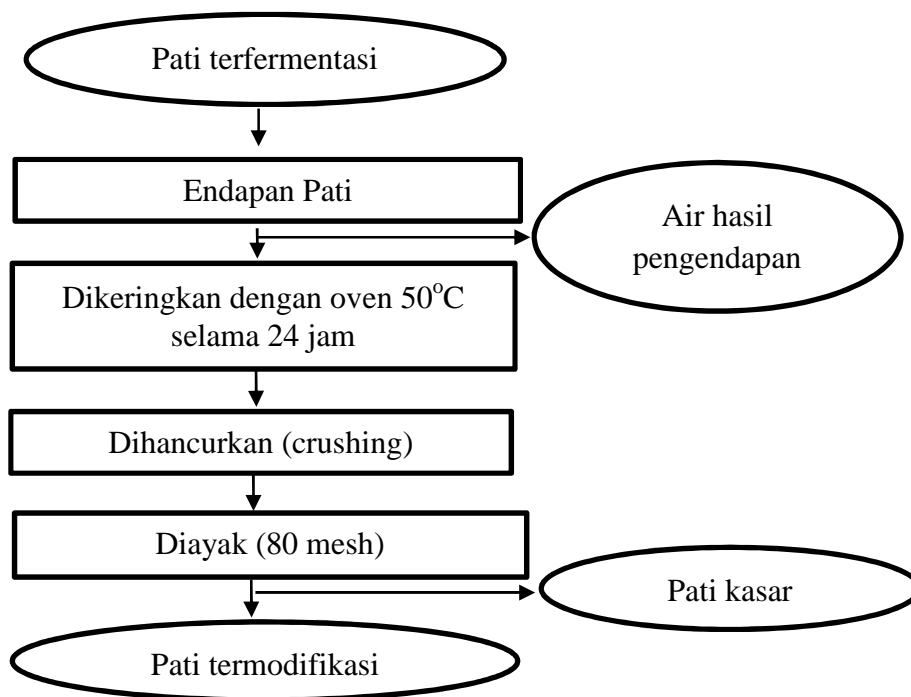
suspensi diaduk kembali dengan air endapan hingga homogen, setelah itu ditambahkan dengan inokulum yang telah disiapkan kemudian diaduk kembali hingga homogen. Setelah homogen toples kaca ditutup dengan menggunakan kain kasa agar udara masuk kedalam toples (*aerobic*) dan difermentasi selama 24 jam. Adapun diagram alir fermentasi suspensi pati dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir fermentasi suspensi pati
Sumber : (Hadi, 2017 dimodifikasi*)

3. Penepungan Pati

Proses pembuatan tepung pati termodifikasi dilakukan dengan membuang air hasil pengendapan dan mengambil endapan pati terfermentasi kemudian diletakkan kedalam nampah dan dikeringkan kedalam oven Blower pada suhu 50°C selama 24 jam. Pati yang telah kering dihancurkan menggunakan Grinder dan dilakukan Pengayakan dengan ayakan manual 80 mesh sehingga didapatkan pati yang halus. Prosedur penepungan pati termodifikasi dapat dilihat pada Gambar 5.

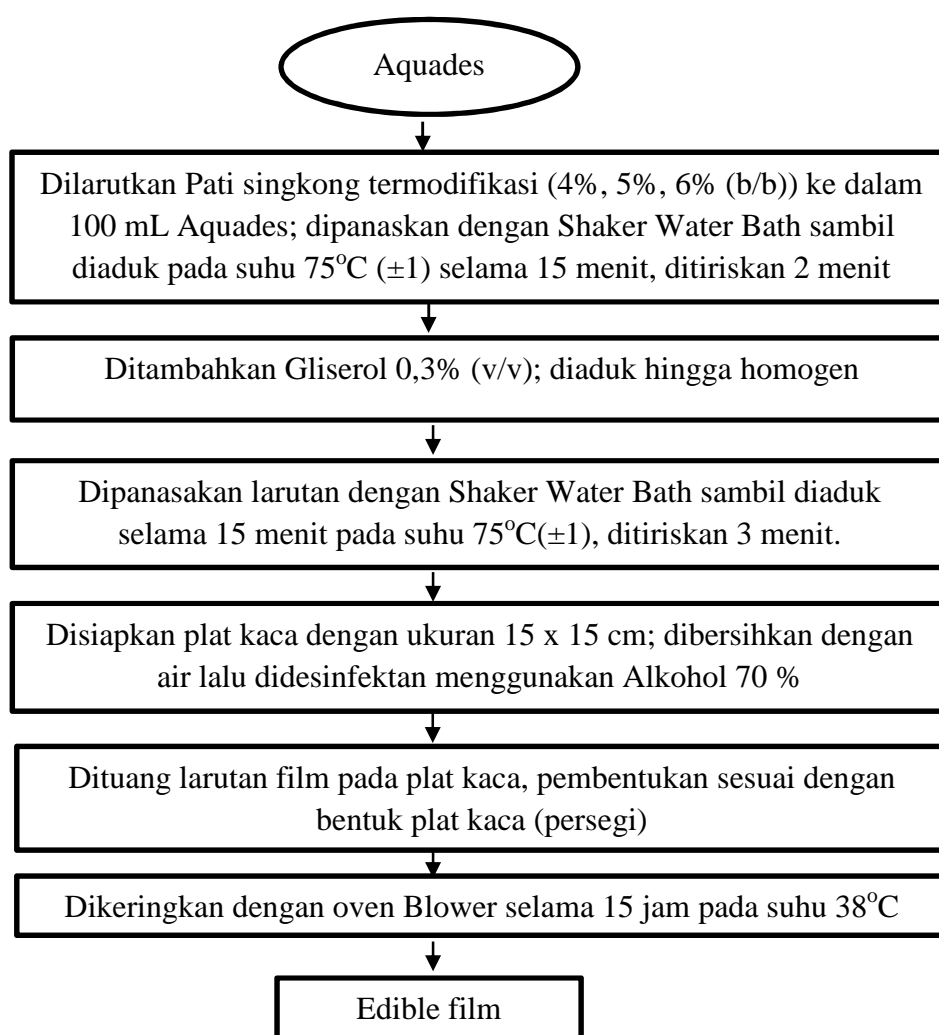


Gambar 5. Diagram alir penepungan pati termodifikasi
 Sumber : (Hadi, 2018 dimodifikasi*)

4. Pembuatan Edible film

Disiapkan 3 gelas Beaker 250 mL (I, 2, 3) kemudian masing-masing di isi 100 mL aquades. Lalu dimasukan pati singkong termodifikasi kedalam *Beaker glass* 1, 2, 3 masing-masing sebanyak 4%, 5 %, 6 % (b/b). Lalu diaduk selama 3 menit dengan pengaduk kaca . Setelah itu dipanaskan didalam Shaker Water Bath selama 15 menit pada suhu $75^{\circ}\text{C} (\pm 1)$ (untuk mencapai suhu tersebut membutuhkan waktu ± 10 menit) lalu ditiriskan selama 2 menit. Selanjutnya ditambahkan Gliserol sebanyak $0,3\% = 0,3 \text{ mL (b/v)}$ menggunakan pipet tetes per tetes kedalam Beaker glass 1, 2, 3 lalu diaduk menggunakan pengaduk kaca. Tahap selanjutnya larutan dipanaskan kembali di dalam Shaker Water Bath selama 15 menit pada suhu $75^{\circ}\text{C} (\pm 1)$. Setelah dipanaskan lalu ditiriskan selama

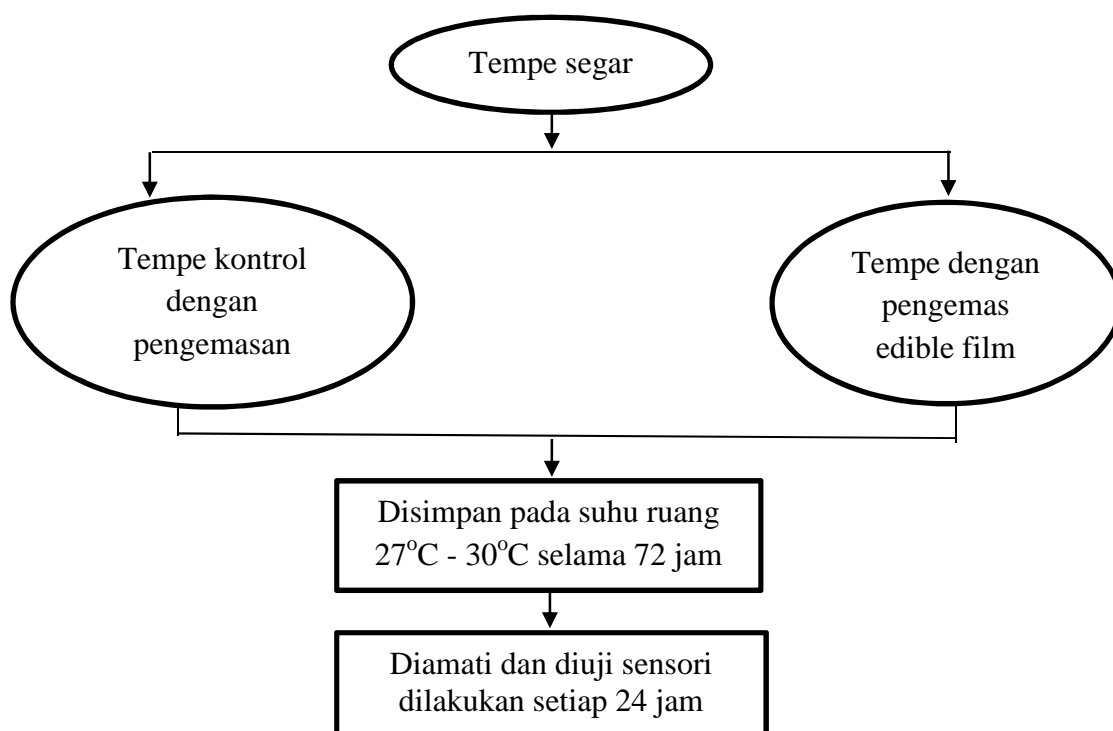
3 menit. Setelah itu disiapkan plat kaca ukuran P x L= 15 x 15 cm, dibersihkan terlebih dahulu dengan air lalu didesinfektan dengan Alkohol 70%. Setelah itu larutan film dituangkan dalam plat kaca dan dibentuk sesuai dengan plat kaca (persegi) setelah itu didiamkan 3 menit lalu dikeringkan dengan oven Blower selama 15 jam pada suhu 38°C (± 1) pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembuatan edible film
Sumber : (Hassanah, 2012 dimodifikasi*)

5. Aplikasi *Edible Film* untuk Mengemas Tempe

Pengaplikasian *edible film* ke tempe dilakukan dengan mengemas secara langsung. Tempe yang digunakan adalah tempe segar (*fresh tempeh*) yang miseliumnya sudah tumbuh. Selanjutnya tempe yang sudah dikemas menggunakan *edible film* disimpan pada suhu ruang selama 72 jam. Selanjutnya diamati dan uji sensori setiap 24 jam pada parameter warna, tekstur, aroma. Selama penyimpanan tempe dengan pembungkus plastik yang ada dipasaran digunakan sebagai kontrol. Prosedur aplikasi film ke tempe dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur aplikasi edible film untuk mengemas tempe

6. Pengujian Daya Terima Konsumen

Pengujian terhadap rasa, tekstur, warna, dan aroma, dilakukan dengan uji skoring sedangkan untuk penerimaan keseluruhan dilakukan dengan uji hedonik.

Penilaian dilakukan dengan 25 panelis semi terlatih (Meilgaard *et al.*, 1999).

Panelis diminta memberikan nilai sesuai dengan penilaian terhadap atribut sensori yang dinilai yaitu tekstur, warna, dan aroma untuk uji skoring, serta penerimaan keseluruhan untuk uji hedonik. Panelis yang digunakan adalah 25 panelis semi terlatih, mahasiswa jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sampel yang sudah diberi kode disajikan secara acak kepada panelis, kemudian panelis diminta untuk memberikan nilai menurut tingkat skoring dan kesukaannya. Kuesioner uji skoring dan uji hedonik tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Uji skoring tempe yang dikemas dengan *edible film* tapioka termodifikasi**Formulir Uji Organoleptik****Uji Sensori Tempe**

Nama : Produk: Tempe

Hari/ Tgl :

Petunjuk : Dihadapan anda disajikan sampel tempe dengan satu kontrol. Anda diminta untuk mengevaluasi sampel satu persatu yang meliputi warna, aroma, tekstur yang kemudian dibandingkan dengan kontrol, berikan penilaian anda dengan cara menuliskan skor dibawah kode sampel pada tabel penilaian berikut :

Tabel Penilaian Uji Sensori Tempe

Penilaian	Kode Sampel			
	163	147	561	991
Tekstur				
Warna				
Aroma				

Tekstur Tempe

5 = Tempe Kompak, padat, tidak kering (segar)

4 = Tempe kompak, namun sedikit kering

3 = Tempe kompak, cenderung kering

2 = Tempe kompak, kering

1 = Tempe kompak, sangat kering
Diseluruh bagian

Aroma Tempe

5 = Beraroma khas tempe
Aroma kedelai dan kapang (tajam)

4 = Beraroma khas tempe
aroma kedelai

3 = Beraroma khas tempe dan
sedikit berbau busuk amonia

2 = Tidak beraroma khas tempe
dan berbau busuk amonia

1 = Beraroma amonia (tajam)

Warna tempe

5= putih keabu-abuan, miselium menyelimuti tempe secara keseluruhan

4= putih keabu-abuan, miselium tidak menyelimuti tempe secara keseluruhan

3= putih kekuningan

2= putih kehitaman (spora)

1= tidak berwarna putih, berubah warna hitam (spora)

Tabel 5. Uji hedonik tempe yang dikemas dengan *edible film* tapioka termodifikasi

Uji Sensori Tempe	
Nama :	Produk : Tempe
Tanggal :	
Instruksi	
Dihadapan anda disajikan sampel dengan satu kontrol. Anda diminta untuk mengevaluasi penerimaan keseluruhan sampel tersebut satu persatu, yang kemudian dibandingkan dengan kontrol. Berikan penilaian anda dengan cara membuat garis pada garis range interval.	
Penerimaan keseluruhan	
5= Sangat suka , 4 = Suka , 3 = Agak suka , 2 = Tidak suka , 1= Sangat tidak suka	
Garis interval penilaian uji sensori tempe	
Sampel 163	
Sangat tidak Suka	Sangat suka
1	

Sampel 147	
Sangat tidak Suka	Sangat suka
1	

Sampel 561	
Sangat tidak Suka	Sangat suka
1	

Sampel 991	
Sangat tidak Suka	Sangat suka
1	

7. Uji Sifat Mekanis Edible film

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tarik dan persen pemanjangan, uji ketebalan, dan uji transmisi uap air. Film yang diuji sifat mekanisnya merupakan film dengan perlakuan yang dipilih berdasarkan hasil uji organoleptik edible film pada tempe yang menghasilkan karakteristik terbaik.

8.1 Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan

Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Electronic Universal Testing Machine* dengan model WDW-100E. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* (ASTM D638 M-III, 2002). Kondisi pengujian dilakukan dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$= \frac{F}{A}$$

keterangan :

= kekuatan tarik (MPa)

F_{maks} = gaya kuat tarik (N)

A = luas penampang sampel (mm²)

Persen pemanjangan *edible film* diperoleh dari hasil uji kuat tarik produk, uji persen pemanjangan dilakukan dengan cara menghitung penambahan panjang lembar *film* saat lembar *film* putus, yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Keterangan :

$$\%E = \frac{\Delta l}{l} \times 100\%$$

% E = persen pemanjangan

l = perpanjangan (mm)

l_0 = panjang awal (mm)

7.2. Uji Ketebalan

Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Electronic Universal Testing Machine* dengan model WDW-100E. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* (ASTM D638 M-III, 2002). Kondisi pengujian dilakukan pada temperatur ruang uji dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kemudian ujung sampel dijepit mesin penguji ketebalan. Ketebalan sampel diukur pada tiga posisi yaitu bagian atas, tengah dan bagian bawah membran, lalu nilai ketebalan akan dirata-ratakan yang kemudian didapatkan ketebalan pada sampel tersebut.

8.3 Uji Transmisi Uap Air

Pengujian laju transmisi uap air dilakukan dengan metode gravimetri (ASTM, 1983). *Film* dipotong berbentuk lingkaran berdiameter 8 cm atau sesuai dengan ukuran cawan. *Film* dipasang pada cawan yang berisi 10 g silika gel. Bagian tepi cawan dan *film* ditutup dengan *wax*, isolasi atau karet sebagai perekat. Cawan dan *film* ditimbang, dimasukkan ke dalam toples plastik berisi 100 mL larutan NaCl 40%, kemudian toples ditutup rapat. Setiap jam cawan ditimbang dan pengamatan dilakukan selama 6-8 jam. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier, sehingga diperoleh *slope* kenaikan berat cawan. Laju transmisi uap air dinyatakan

sebagai *slope* kenaikan berat cawan (g/jam) dibagi dengan luas area *film* yang diuji (m^2) seperti pada rumus berikut:

Keterangan : $WVTR : 4 \cdot x \cdot m^2 / t \text{ (g/m}^2\text{/ 24 jam)}$

m^2 = pertambahan berat (mg per jam)

t = waktu antara dua penimbangan terakhir (ASTM, 1983).

8. Pendugaan Umur Simpan

Penelitian pendugaan umur simpan tempe yang dikemas menggunakan *edible film* tapioka termodifikasi menggunakan metode ASLT model arhenius. Pengujian dilakukan dengan cara produk tempe dikemas menggunakan edible film dengan perlakuan terbaik. Tempe dikemas dan disimpan pada suhu bertingkat pada suhu 17°C , 27°C , 37°C selama 5 hari. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk setiap suhu penyimpanan. Parameter yang diuji untuk pendugaan umur simpan tempe yaitu parameter mutu kadar air. Setelah dilakukan pengujian parameter mutu kadar air tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi selanjutnya data yang didapatkan dirata-ratakan dan ditabulasi. Data yang telah didapatkan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk mendapatkan regresi linearnya berupa slope (k), intercept (b) dan korelasinya (R) pada suhu penyimpanan yang telah ditentukan. Nilai slope (k) yang telah didapatkan selanjutnya diaplikasikan pada persamaan arhenius dengan nilai $1/T$. Dua nilai tersebut merupakan absis dan ordinat yang selanjutnya diplot dan dilakukan analisa regresinya. Setelah diplotkan dibuat grafik hubungan nilai $\ln K$ dengan $1/T$. Setelah itu didapatkan persamaan regresi linearnya dengan sumbu x menyatakan $1/T$ dan sumbu y menyatakan $\ln k$. k menunjukkan gradien dari regresi linier yang

didapat dari ketiga suhu penyimpanan, sedangkan T merupakan suhu (kelvin) penyimpanan yang digunakan. Berdasarkan hasil regresi yang diperoleh pada kurva Arrhenius dapat diprediksi umur simpan produk tempe edible film tapioka termodifikasi berdasarkan persamaan :

$$k = k_0 \exp^{-E_a/RT}$$

persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk lain, yaitu

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{R} \frac{1}{T}$$

k_0 menunjukkan konstanta penurunan mutu yang disimpan pada suhu normal, k menyatakan konstanta penurunan mutu dari salah satu kondisi yang digunakan (suhu 15°C, 25°C, 35°C), sedangkan E/R merupakan gradien yang diperoleh dari plot Arrhenius. Berdasarkan perhitungan dengan rumus tersebut, akan diperoleh k (konstanta penurunan mutu pada suhu normal).:Kemudian pendugaan masa simpan tempe yang dikemas dengan edible film tapioka termodifikasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ordo nol dan ordo satu sebagai berikut :

- a. Umur simpan tepung jamur tiram putih ordo nol dapat diketahui dengan memasukkan nilai perhitungan ke dalam persamaan berikut.

$$t = \frac{A_0 - A_t}{k}$$

- b. Umur simpan tepung jamur tiram putih ordo satu dapat diketahui dengan memasukkan nilai perhitungan ke dalam persamaan berikut.

$$t = \frac{(\ln A_0 - \ln A_t)}{k}$$

Keterangan :

t = Predeksi umur simpan (hari)

A_0 = Nilai awal mutu

A_t = Nilai mutu produk yang tersisa setelah waktu t
 k = Konstanta penurunan mutu pada suhu normal

Setelah didapatkan hasil perhitungannya kemudian dilihat masa simpan produk tersebut. Kemudian dibandingkan nilai korelasinya (R^2) parameter mutu yang diuji pada reaksi ordo 0 dan ordo 1. Nilai korelasi terbesar (R_2) atau mendekati 1 dipilih untuk menentukan umur simpan dari tempe yang dikemas dengan *edible film* tapioka termodifikasi.

9. Uji Kadar Air

Analisis kadar air menggunakan metode Gravimetri AOAC No. 945.38 (AOAC, 2005). Penetapan kadar air diawali dengan pengeringan cawan alumunium pada suhu 105°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Selanjutnya sebanyak 1-2 gram tempe dimasukkan ke dalam cawan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama lima jam, kemudian didinginkan dalam desikator kembali, dan ditimbang sampai diperoleh berat sampel kering yang relatif konstan.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = berat cawan kosong (g)

B = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan (g)

C = berat cawan + sampel setelah dikeringkan (g)

V. KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil uji DMRT taraf ($\alpha = 0,05$) yaitu konsentrasi tapioka termodifikasi 5% (b/b) dalam pembuatan edible film merupakan perlakuan terbaik yang dapat memperpanjang masa simpan tempe selama 9,39 hari pada suhu penyimpanan 17°C, 5,18 hari pada suhu penyimpanan 27°C, 2,96 hari pada suhu penyimpanan 37°C.
2. Pengemasan tempe menggunakan edible film tapioka termodifikasi berpengaruh sangat nyata terhadap daya terima konsumen pada taraf ($\alpha = 0,05$).

5.6 Saran

1. Penggunaan kemasan kontrol memiliki masa simpan yang lebih panjang dibanding dengan kemasan edible film namun mengalami pembusukan pada

hari ke 4 penyimpanan sedangkan pada tempe yang dikemas dengan *edible film* tidak mengalami pembusukan namun menghasilkan tekstur yang sangat kering pada hari ke 5 penyimpanan, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui komposisi penyusun edible film lebih tepat untuk memperpanjang masa simpan tempe.

2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan faktor mutu kritis selain kadar air yang sifatnya lebih kuantitatif dan lebih akurat terhadap pengukuran masa simpan seperti mutu kritis kadar Amonia (NH_3).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 121 hlm.
- Akbar, F., Z.Anita., H.Harahap. 2013. Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sumatera Utara. Vol (2) :11-15.
- Aminudin dan Widyastuti. 2014. Pengembangan bahan edible coating alami untuk komoditas hortikultura. *Karya Ilmiah*. Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Bogor. Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian. Kementrian Pertanian. Bogor. 20 hlm.
- Anugrahati, N. A. 2001. Karakteria edible film komposisi pektin albido semangka (*Citrullus vulgaris* schard) dan tapioka. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 120 hlm.
- Ardiansyah, R. 2011. Pemanfaatan pati umbi garut untuk pembuatan plastik biodegradable. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok. 94 hlm.
- Astawan, M.L. 2008. *Khasiat Warna-Warni Makanan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 209 hlm.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 247 pp.
- ASTM. 2002. ASTM D638 M-III. *Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastic*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 15 pp.
- Astuti, N. P. 2009. Sifat organoleptik tempe kedelai yang dibungkus plastik. Fakultas Ilmu Kesehatan. *Skripsi*. UMS. Surakarta. hal 14.
- Astuti, R., S, Aminah., A, Syamsianah. 2014. Komposisi tempe yang difortifikasi zat besi dan vitamin a pada tempe mentah dan matang. *Jurnal Agritech*. 34(2):151-157. UMS. Semarang.
- Averous L. 2004. Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch:Review Macromol .*Sci*. 12(2):123-130

- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Klasifikasi dan Standar Mutu Tepung Tapioka*. Jakarta. hal 10.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tempe : Persembahan Indonesia untuk Dunia*. Jakarta. hal 13.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2015. *Standar Mutu Tempe*. Jakarta. hal 1.
- Bastian F, Ishak, E.I, Tawali, A.B, Bilang M. 2013. Daya terima dan kandungan zat gizi formula tepung tempe dengan penambahan semi refined carrageenan (src) dan bubuk kakao. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol.2 No.1
- Baruna, U. 2018. Optimasi formula edible film berbasis tapioka dengan penambahan gliserol dan minyak sawit menggunakan metode respons permukaan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. hal 32.
- Bastioli, C. 2005. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Rapra Technology. UK. hal 193.
- Bintari, S.H., D.P. Anisa, E.J. Veronika, dan C.R. Rivana. 2008. Efek inokulasi bakteri *Micrococcus Luteus* terhadap pertumbuhan jamur benang dan kandungan *Isoflavon* pada proses pengolahan tempe. *Jurnal Biosantifika* 1: 1-8.
- Bourtoom, T. 2007. Effect of some process parameters on the properties of edible film prepared from starch. Department of Material product Technology. Songkhla. [http:// Vishnu.sutt.ac.th/iat/food_innovation/up/rice%20starch%20film .doc](http://Vishnu.sutt.ac.th/iat/food_innovation/up/rice%20starch%20film.doc).
- Cahyadi, W. 2006. *Kedelai Khasiat dan Teknologi*. Bumi Aksara. Bandung. hal 76.
- Chaplin M. 2006. *Starch as an Ingredients*. www.Lsbu.Ac.uk/Starch.htm. Diakses pada 10 Juni 2019.
- Chen, L. 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized Hsian_Tsao leaf Gum films in the presence of plasticizer. *Food Hydrocolloids*. National Chung Hsin University. Taiwan. hal 225-229.
- De Mot, R. 1990. Conversion of starch by yeasts dalam: verachtert, h. dan de mot r. (ed.). *Yeasts Biotechnology and Biocatalysis*. Macel Dekker. New York. hal 163-222.

- Donhowe, L.G dan Fennema. 2000. *The Effects of Plasticizer Oncrystallinity, Permeability, and Mechanical Properties of Methyl Cellulose Films*. Food Process Pres. 463 pp.
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pengolahan Pangan Lanjutan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 283.
- Dwinaningsih, E.A. 2010. Karakteristik kimia dan sensori tempe dengan variasi bahan baku kedelai/beras dan penambahan angkak serta variasi lama fermentasi. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Efriwati, Suwanto A, Rahayu G, dan Nuraida L. 2013. Population dynamics of yeast and *Lactic acid bacteria* (lab) during tempeh production. *Hayati J. Biosci*. Vol. 20 No .2 hlm. 57-64.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. hal 320.
- Fennema, O. 1989. *Pengaruh Pengawetan Beku Terhadap Zat Gizi. dalam R.S. Harris dan E. Karmas (Eds)*. Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan. ITB. Bandung: 271-318.
- Fennema, O.R. 1976. *Principles of Food Science, Part I*. Food Chemistry. Marcel Dekker. Inc., New York.
- Flenche, G. 1985. *Chemical Modification and Degradation of Starch*. Di dalam : G.M.A.V. Beynum dan J.A Roels (eds.). *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker, Inc., New York. hal 73-99.
- Fogarty, W.M. 1983. *Microbial Enzymes and Biotechnology*. Applied Sciences Publishes Ltd. London. hal 38-62.
- Girindra, A. 1983. *Biokimia 1*. Cetakan ke-1. Jakagrindrearta. PT Gramedia. hal 91.
- Gontard N, Guilbert S, Cuq J. 1992. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *J. Food Sci*. 58:206-211.doi:10.1111/j.1365 2621.1993.tb0324 6 .x
- Gueh Yuh Liou. 2007. Polyphasis approach to the taxonomy of the *Rhizopus* groups. *Mycological Research*. Vol 3 : 196-203.
- Gutiérrez, T, J, Tapia, M, S, Pérez, E, Lucía, F. 2015. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. *Food Hydrocolloids*. 45:211-217.

- Hadi, T. D. 2017. Analisis sifat kimia dan fungsional pasta pati singkong termodifikasi dengan fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. hal 36-53.
- Harris H. 2001. Penggunaan edible film dari pati tapioka untuk, pengemas lempuk. *J Sains Mat Indones*. 3(2):99-106.
- Harsunu, B. 2008. Pengaruh konsentrasi plasticizer gliserol dan komposisi kitosan dalam zat pelarut terhadap sifat fisik edible film dari kitosan. *Skripsi*. Departemen Metalurgi dan Material. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. 105 hlm
- Hart. 2003. *Kimia Organik: Suatu Kuliah Singkat*. Jakarta: Erlangga 156 hlm.
- Harumningtyas, A. 2010. Aplikasi edible plastik pati tapioka dengan penambahan madu untuk pengawetan buah jeruk citrus sp. *Skripsi*. Universitas Airlangga. Surabaya. 101 hlm.
- Hasanah, N. 2012. Pembuatan dan pencirian plastik pati tapioka dengan pemlastis gliserol. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 10.
- Hee-Young An. 2005. Effects of ozonation and addition of amino acids on properties of rice starches. *Dissertation*. Faculty of the Louisiana state University and Agricultural and Mechanical College. hal 12.
- Herawati, H. 2008. Peluang pengembangan alternatif produk *modified starch* dari tapioka. *Seminar Nasional Pengembangan Kacang-kacangan dan Umbi-Umbian*. Surakarta. hal 124-130.
- Huri, D dan F.C. Nisa. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia edible film. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 2 No.4p P. 29-40 hlm.
- Jennessen, J., J. Schnurer, J. Olsson, R.A. Samson, and J. Dijksterhuis. 2008. Sporangiospores of the tempengfus *Rhizopus oligosporus* differentiate it from other taxa of the r. *Microsporus group*. *Mycol. Res*. Vol. 112, 547-63.
- Karbowiak T, Debeaufort F, Champion D dan Voilley A. 2006. Weeting properties at the surface of Iota carrageenan-based edible films. *J of Colloid and Interface Sci*. 294 (2006):400–410.doi:10.1016/j.jcis.2005.07.030.
- Kasmidjojo, R.B. 1990. *Tempe : Mikrobiologi dan Biokimia Penngolahan serta Pemanfaatannya*. PAU Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta. hal 147.
- Kavanagh, Kevin. 2005. *Fungi Biology and Applications*. John Willey & Sons Ltd. England. hal 113.

- Kementrian Pertanian. 2017. *Outlook Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. hal 46.
- Koswara, Sutrisno. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan. Universitas Muhamadiyah Semarang. Semarang. hal 26.
- Krochta, J. M. 1992. *Control of Mass Transfer in Food with Edible Coatings and Film*. Advances In Food Engineering. CRC Press. 51(2):61-74.
- Krochta, J.M., E.A. Baldwin., M.Nisperos-Carriedo (Eds.), 1994, *Edible Penyaluts and Films to Improve Food Quality*. Technomic Pub. Co., Inc Lancaster. hal 237-257.
- Krochta, J.M. and Moulder-Jhonston, C.D. 1997. *Edible and Biodegradable Polymer Films : Challenge and Opportunities*. Boca Raton : CRP Press. hal 51
- Krochta, J. M. 2002. *Proteins as Raw Materials for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities*. Boca Raton, FL: CRC Press. 41 pp.
- Kustyawati, M.E. 2009. Kajian peran yeast dalam pembuatan tempe. *Jurnal Agritech*. 29 (2) : 64-70.
- Kustyawati, M.E., M. Sari., T. Haryati. 2013. Efek fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* terhadap sifat biokimia tapioka. *Jurnal Agritech*, 33(3) 281-287. Universitas Lampung. Lampung.
- Kustyawati, M.E., F. Pratama, D. Saputra, dan A. Wijaya. 2014. Modifikasi warna, tekstur dan aroma tempe setelah diproses dengan karbondioksida superkritik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25 (2) : 168-175.
- Kustyawati, M.E., S. Setyani, A. Rangga, dan I.R. Mutia. 2017. The dyanamic growth and chemical change of mixed cultures inoculation on tapioka fermentation. *Jurnal Micobiology Indonesia*. p 103-109. ISSN 1978-3477.
- Lestari, R.U. 2009. Potensi kayu manis sebagai antioksidan dan antimikroba pada kemasan aktif produk jenang. *PKM*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 19.
- Lin, D. And Zhao Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruit and vegetables. *Food Science and Food Safety*. 6(3):60-75.doi:10.1111/j.1541-4337.2007.00018.

- Mali S, Grossmann. M. A, Garcia, Martino. M. N, and Zaritzky NE. 2005. Mechanical and thermal properties of yam starch films. *J Food Hydrocolloids*. 19:157- 164.doi:10.1016/j.carbpol.2005.01.003.
- Mali, S., M. V. Grossman, M. A. Garcia, M. N. Martino, and M. E. Zaritsky. 2005. Micro structural characterization of yam starch films. *J. Carbohydrate Polymer*. 50: 379-386.
- Matondang, S. D., W. Basuki, and D. Yunus. 2013. Plastik kemasan terbiodegradasikan dari *Polipropylene* tergrafting maleat *Anhidrida* dengan bahan pengisi pati sagu kelapa sawit. Universitas Sumatera Utara. Medan. Valensi 3 (2) 110-116.
- Mauricio, J. F., A. M. Andressa, F. B. Leandro, dan C. Josiame. 2016. Effect of plasticizer and modified starch on biodegradable films for strawberry protection. *Journal of Processing Preservation*. Universidae Paranaese. Brazil. 1-6. ISSN 1745-4549.
- Mclaren, A.D. 1963. Enzyme reaction on structurally restricted systems iv digestion of insoluble substrate by hydrolitic enzymes. *Enzymologies*. 26 : 237.
- Mindarwati, E. 2006. Kajian pembuatan edibel film komposit dari karagenan sebagai pengemas bumbu mie instant rebus. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hlm 69.
- Nout, M. J. R. and J. L. Kiers. 2005. Tempe fermentation, innovation and functionality: update into the third millennium. *Journal of Applied Microbiology*. 98: 789-805.
- Nurhakim, M.A., E. Kusdiyantini, dan B. Raharjo. 2016. Penggunaan substrat glukosa berbagai konsentrasi sebagai sumber karbon microbial fuel cell *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan energi listrik. *Jurnal Bioma* 18 (2)131-136. ISSN: 1410-8801.
- Olivato, J, B., Grossmann, M, V, E, Bilck, A, P, Yamashita, F. 2012. Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films. *Carbohydrate Polymers*. 90(1):159-164
- Pareta, R., Edirisinghe, M, J. 2006. A novel method for the preparation of starch films and coating. *Carbohydrate Polymer*. 63:425-431.
- Pelissari, F.M., Grossmann, M.V.E., Yamashita, F. And P ineda, E.A.G. 2009. Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan incorporated with or_egano essential oil. *J. Agric. Food Chem*. 57, 7499–7504.

- Pratiwi, D.L. 2018. Kajian kinetika pertumbuhan mikroorganismen dan kandungan *-glukan* selama fermentasi tempe dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. hal 56-60.
- Pradita, V. 2013. Formulasi produk edible film strip herbal berbahan dasar tapioka dengan ekstrak jahe. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 1.
- Prihatman dan Kemal. 2000. Budidaya Pertanian Ketela Poho /singkong (*Manihot utilissima* Pohl).<http://www.ristek.go.id>. Diakses pada tanggal 3 juli 2019.
- Purwitasari, D. 2001. Pembuatan edible film (kajian konsentrasi suspensi tapioka dan konsentrasi karaginan terhadap sifat fisik edible film. *Skripsi*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. (Tidak dipublikasikan)
- Rahayu, K. dan S. Sudarmadji. 1989. *Mikrobiologi Pangan. PAU Pangan dan Gizi*. UGM Press. Yogyakarta. hal 73-180.
- Rahayu, W.P., R. Pambayun, U. Santoso, L. Nuraida, dan Ardiansyah. 2015. Tinjauan ilmiah teknologi pengolahan tempe kedelai. perhimpunan ahli teknologi pangan indonesia. Patpi. <http://patpi.or.id>. Diakses pada 07 November 2017 pukul 21.09 WIB.
- Ratnawati, L. 2008. Analisis Gizi Tempe Selama masa Penyimpanan Dingin. ISJD LIPI. Bogor. hal 33-46.
- Reed, G. dan T.W. Nagodawithana. 1991. *Yeast Technology*. Van Nostrad. New York: Rein Hold. hal 596.
- Reilly, P.J. 1985. Enzymatic degradation of starch. *Starch Convention Technology*. Marcell Dekker. New York. hal 101-142.
- Roosdiana, M., D. Anggraini, dan F. Malau. 2017. Karakteristik fisik dan antimikroba edible film dari tepung tapioka dengan penambahan gliserol dan kunyit putih. Universitas Sriwijaya. Palembang. *Jurnal Tehnik Kimia*. 23 (3) 191-197.
- Roubus, H.P.J., dan M.J.R. Nout MJR. 2011. Anti diarrhoeal aspect of fermented soya beans. *Soybean and Health*. El-Shemy H (Ed). ISBN: 978-953-307-535-8. *In Tech*.
- Rodriguez, M.J. and Mate, J.I. 2006. Combined effect of plasticizer and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*. 39:840-846. doi: 10.1016. *J. Fodres*. 2006. 04. 002f

- Saputra S. 2006. Mempelajari pengaruh blansir, strerilisasi komersial, dan pengemasan terhadap umur simpan tempe. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. hal 1-2.
- Saragih, I.A., Restuhadi, F. dan Rossi E. 2016. Kappa karaginan sebagai bahan dasar pembuatan edible film dengan penambahan pati jagung (maizena). *JOM Faperta*. 3(1): 1-5.
- Sari E Novida, 2013. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik biodegradable film berbasis ampas rumput laut. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung 44 hlm.
- Sarwono. 2005. *Membuat Tempe dan Oncom*. Penebar Swadaya. Jakarta. hal 23-25.
- Setyaningrum, S., Sumarni, N.K. dan Hardi, J. 2017. Sifat fsiko-kimia edible film agar agar rumput laut (*Gracilaria* sp) tersubsitusi glyserol. *Journal of Science and technology*. 6(2) : 136-143.
- 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
- Singleton, P. dan D. Sainsbury. 2006. *Dictionary of Microbiology and Molecular Biology*. Third Edition. Revised. John Wiley & Sons Ltd. England. ISBN: 0-470-03545-5.
- Steinkraus, K.H., J.P. Van Buren, L.R. Hackler, and D.B. Hand. 1965. *A pilotplan Process for the Production of Dehydrate Tempeh*. *Food Tech*. 19 (1) : 63
- Suprapti, L. 2003. *Pembuatan Tempe*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. hal 25-65.
- Susanto, T. 2012. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Bina Ilmu. Surabaya. 206 hlm.
- Thirathumthavorn, D. and S. Charoenrein. 2007. Aging effect on sorbitol and non crystallizing sorbitol-plasticized tapioca starch films. *Starch*. 59:493-497.
- Vasconez, M.B., S.K. Flores, C.A. Campos, J. Alvarado, and L.N. Gerschenson. 2009. Antimicrobial activity and phsyical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Res. Intl*. 42 762-769.
- Weliana. 2016. Respon kualitas tempe kedelai yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Weliana dan Y.A. Purwanto. 2018. Kualitas tempe kedelai pada berbagai suhu penyimpanan. Institut pertanian Bogor. *Journal of Agro-Based Industry*. Vol. 35 (2) :106-112.
- Wijayanti, F. Dan R. Kumalasari. 2011. *Analisa Biaya Beras Jagung Instan Berserat Sebagai Upaya Diversifikasi Pangan Pokok*. Buku Program : Seminar Nasional Sains dan Teknologi IV, November 2011. Universitas Lampung, 4:7-12.
- Winanti, R., S.H. Bintari, dan D. Mustikaningtyas. 2014. Studi observasi higienitas produk tempe berdasarkan perbedaan metode inokulasi. *Unnes Journal of Life Science* 3 (1): 39-46). ISSN 2252-6277.
- Winarno, F. G. 1984. *Kimia Pangan*. PT. Gramedia. Jakarta. hal 43.
- Winarno, F.G . 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 243 hlm.
- Wipradnyadewi, P.A.S, E.S. Rahayu, dan S. Raharjo. 2004. Isolasi dan identifikasi rhizopus oligosporus pada beberapa inokulum tempe. *Laporan Proyek Hibah Penelitian*. hal 4-6.
- Wurzburg, O.B. 1989. *Modified Starch : Properties and Uses*. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida. 277 hlm.
- Yavus, Hulya and Ceyhun B., 2003. Preparation and biodegradation of starch/polycaprolactone film. *Journal of Polymer and the Environment*. 2003, Vol. 11.
- Yulianti, R. dan E. Ginting. 2012. Perbedaan karakteristik fisik edible film dari umbi-umbian yang dibuat dengan penambahan plasticize. Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang. *Jurnal Pertanian Tanaman Pangan* 31 (2) 131-135..