

**APLIKASI *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS AMPAS RUMPUT
LAUT *Eucheuma cottonii* DENGAN BERBAGAI FORMULASI GLISEROL
DAN CMC SERTA METODE PENGEMASAN PADA TEMPE**

(Skripsi)

Oleh

GUNAWAN SOETRISNO



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

APPLICATION OF SEAWEED WASTE BASED BIODEGRADABLE FILM *Eucheuma cottonii* AT VARIOUS GLYCEROL AND CMC FORMULATION AND PACKAGING METHOD ON TEMPE

By

GUNAWAN SOETRISNO

The aims of this research are to know the effect of glycerol and CMC formulation on making seaweed waste based biodegradable film, know the effect of biodegradable film packaging method and know the interaction effect between both of two factors in the application of tempe. The research was arranged factorially in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 repetitions. Tempe in biodegradable film packaging was sensory properties observed on zero and 3 days of storing. The best biodegradable film formulation was characteristic tested and used to tempe sensory test at different packaging method and type to determine the best packaging method. The sample with best glycerol and CMC formulation and packaging method was used to predict the tempe's shelf life with Accelerated Shelf Life Time method with Arrhenius equation model at 17°C, 27°C, dan 37°C temperatures in water content and hardness level quality parameter. The research result showed that glycerol and CMC formulation gave a real effect on texture and very real effect on color, aroma, and

overall acceptance. The packaging method gave a real effect on overall acceptance and very real effect on texture and aroma while the interaction of both two factors gave very real effect on all parameters. Biodegradable film with 0,25 glycerol and 3% CMC had 15,1074 MPa of tensile strength, 0,2613 mm of thickness, 35,19% of elongation percent and 16,43 g/m²/day of WVTR. The shelf life of tempe in biodegradable film packaging was about 0,8842 day until 466,0976 days depends on quality parameter and order type used

Keywords : biodegradable film, glycerol and CMC formulation, packaging method, shelf life, tempe

ABSTRAK

APLIKASI *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS AMPAS RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DENGAN BERBAGAI FORMULASI GLISEROL DAN CMC SERTA METODE PENGEMASAN PADA TEMPE

Oleh

GUNAWAN SOETRISNO

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh formulasi gliserol dan CMC pada pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut dalam pengaplikasiannya pada tempe, mengetahui pengaruh metode pengemasan *biodegradable film* dalam pengaplikasiannya pada tempe, mengetahui interaksi formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan dalam pengaplikasiannya pada tempe. Penelitian disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 4 kali ulangan. Tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* diamati sifat sensorinya pada hari ke-0 dan ke-3 penyimpanan. *Biodegradable film* dengan formulasi terbaik berdasarkan pengujian sensori tempe diuji sifat karakteristiknya serta digunakan untuk melakukan pengujian sensori tempe pada metode pengemasan dan bentuk kemasan yang berbeda serta untuk mendapatkan metode pengemasan terbaik. Sampel dengan formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan yang terbaik digunakan untuk melakukan pendugaan umur simpan tempe dengan

menggunakan metode akselerasi (ASLT) dengan model persamaan Arrhenius pada suhu 17°C, 27°C, dan 37°C dengan parameter mutu kadar air serta kekerasan tempe selama lima hari penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi gliserol dan CMC berpengaruh nyata terhadap tekstur serta berpengaruh sangat nyata terhadap warna, aroma dan penerimaan keseluruhan. Metode pengemasan berpengaruh nyata terhadap penerimaan keseluruhan serta berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur dan aroma. Interaksi kedua faktor berpengaruh sangat nyata terhadap seluruh parameter. *Biodegradable film* dengan formulasi 0,25% gliserol dan 3% CMC memiliki kuat tarik sebesar 15,1074 Mpa, ketebalan sebesar 0,2613 mm, persen pemanjangan sebesar 35,19% dan transmisi uap air sebesar 16,43 g/m²/hari. Umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berkisar antara 0,8842 hari hingga 466,0976 tergantung pada parameter mutu dan ordo yang digunakan.

Kata kunci : *biodegradable film*, formulasi gliserol dan CMC, metode pengemasan, tempe, umur simpan

**APLIKASI *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS AMPAS RUMPUT
LAUT *Eucheuma cottonii* DENGAN BERBAGAI FORMULASI GLISEROL
DAN CMC SERTA METODE PENGEMASAN PADA TEMPE**

Oleh

GUNAWAN SOETRISNO

Skripsi

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

Pada

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



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **APLIKASI BIODEGRADABLE FILM
BERBASIS AMPAS RUMPUT LAUT
Eucheuma cottonii DENGAN BERBAGAI
FORMULASI GLISEROL DAN CMC
SERTA METODE PENGEMASAN PADA
TEMPE**

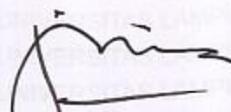
Nama Mahasiswa : **Gunawan Soetrisno**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514051033

Jurusan/Program Studi : Teknologi Hasil pertanian

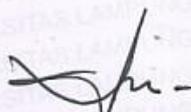
Fakultas : Pertanian




Ir. Zulferiyenni, M.T.A.
NIP. 19620207 199010 2 001


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

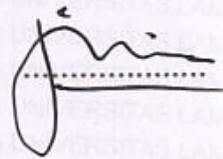
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


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

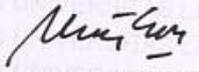
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

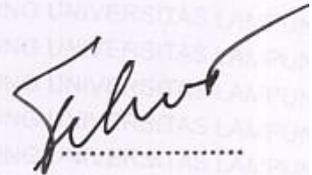
Ketua : Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Sutikno, M.Sc., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Agustus 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

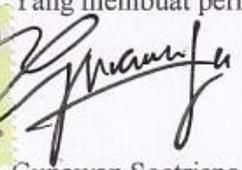
Saya adalah Gunawan Soetrisno NPM 1514051033

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja 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 mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2019
Yang membuat pernyataan




Gunawan Soetrisno
NPM. 1514051033

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 9 Januari 1997 sebagai anak kedua dari dua bersaudara pasangan dari Bapak Sutrisno dan Alm. Ibu Mega Waty. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanan-Kanak di TK Fransiskus Tanjung Karang pada tahun 2003, Sekolah Dasar di SD Fransiskus Tanjung Karang pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Fransiskus Tanjung Karang pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 9 Bandar Lampung pada tahun 2015.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur undangan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN) tahun 2015. Bulan Januari - Maret 2018 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tegal Ombo Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Tirta Gemilang Rahayu Lampung Timur dengan judul “Mempelajari Proses Produksi dan Pemasaran Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) *Cup* 240 mL di PT.Tirta Gemilang Rahayu”

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Kimia Dasar II pada Tahun Ajaran 2017/2018, Asisten Dosen Mata Kuliah Kimia Fisik pada Tahun Ajaran 2017/2018, Asisten Dosen Mata Kuliah Teknologi

Komponen Bioaktif pada Tahun Ajaran 2017/2018, Asisten Dosen Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan pada Tahun Ajaran 2018/2019, dan Asisten Dosen Mata Kuliah Bahasa Inggris pada Tahun Ajaran 2017/2018 dan 2018/2019. Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yaitu menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai Anggota Bidang Pendidikan dan Penalaran periode 2016/2017 dan Sekretaris Bidang Pendidikan dan Penalaran periode 2017/2018 serta Duta Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2017/2018.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil 'alamiin. Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah karena atas Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Aplikasi *Biodegradable Film* Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dengan Berbagai Formulasi Gliserol dan CMC serta Metode Pengemasan pada Tempe”. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak arahan, bimbingan dan nasihat baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama, yang memberikan kesempatan, izin penelitian, bimbingan, saran dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.

4. Ibu Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah menjadi ibu penulis di kampus yang memberikan banyak bimbingan, arahan, masukan serta dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Sutikno, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran serta masukan terhadap skripsi penulis.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.
7. Kedua orangtua penulis Bapak Sutrisno dan Alm. Ibu Mega Waty, kakak penulis Mas Deny Sutrisno, serta keluarga besar penulis yang telah mengasahi, menciptakan suasana yang aman dan nyaman, memberikan dukungan material dan spiritual, serta do'a yang selalu menyertai penulis selama ini.
8. Keluarga penulis di kampus Rio Wahyu, Bima Dwi, Reva Agustia, Eka Zumar, Aulia Audiensi, Hayyin Vivik, Novalita Kristina, Dian Fitria dan Fevi Anggraini serta Adik Silaturahmi Widaputri yang telah mewarnai hidup, menemani, membantu, mendukung, menegur, mengingatkan serta menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah.
9. Keluarga besar THP angkatan 2015 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini.
10. Pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2016/2017 dan 2017/2018 serta abang – abang, mbak – mbak dan adik – adik keluarga besar HMJ THP FP

Unila yang telah memberikan kesempatan dan banyak pengalaman bagi penulis selama menjadi pengurus HMJ THP.

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2019

Gunawan Soetrisno

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Kerangka Pemikiran	5
1.4. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. <i>Biodegradable Film</i>	8
2.2. <i>Eucheuma cottonii</i>	10
2.2.1. Klasifikasi	10
2.2.2. Ampas rumput laut	11
2.3. Gliserol	11
2.4. CMC	12
2.5. Metode Pengemasan	13
2.6. Tempe	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	14
3.3. Metode Penelitian	15
3.4. Pelaksanaan Penelitian	16

3.4.1. Penelitian pendahuluan	17
3.4.1.1 Pembuatan <i>biodegradable film</i>	18
3.4.1.2. Aplikasi <i>biodegradable film</i> pada tempe	20
3.4.2. Penelitian utama	20
3.4.2.1 Pemisahan ampas rumput laut.....	20
3.4.2.2. Pemurnian selulosa rumput laut	21
3.4.2.3 Pembuatan <i>biodegradable film</i> berbasis ampas rumput laut	22
3.4.2.4. Aplikasi <i>biodegradable film</i> pada tempe	23
3.5. Pengamatan	24
3.5.1. Uji sensori tempe	24
3.5.2. Uji sensori tempe pada metode pengemasan dan bentuk kemasan yang berbeda	27
3.5.3. Uji kuat tarik	29
3.5.4. Uji ketebalan	30
3.5.5. Uji persen pemanjangan	30
3.5.6. Uji transmisi uap air	31
3.5.7. Uji kadar air	32
3.5.8. Uji kekerasan	32
3.5.9. Pendugaan umur simpan	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Penelitian Pendahuluan	35
4.2. Penelitian Utama	36
4.2.1. Uji sensori tempe	36
4.2.2. Uji sensori tempe pada metode pengemasan dan bentuk kemasan yang berbeda	51
4.2.3. Penentuan perlakuan terbaik	56
4.3. Pengujian Karakteristik <i>Biodegradable Film</i> Berbasis Ampas Rumput Laut.....	57
4.4. Pendugaan Umur Simpan	61
4.5.1. Parameter mutu kadar air	62

4.5.2. Parameter mutu kekerasan	67
V. SIMPULAN DAN SARAN	74
5.1. Simpulan	74
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kuesioner Uji Skoring Tempe	26
2. Kuesioner Uji Hedonik Tempe	27
3. Kuesioner Uji Hedonik Bentuk Kemasan Serta Metode Pengemasan Tempe	28
4. Kuesioner Uji Ranking Bentuk Kemasan Serta Metode Pengemasan Tempe	29
5. Hasil Pengamatan Tempe yang Dikemas dengan <i>Biodegradable Film</i> setelah Tiga Hari Pengemasan	35
6. Hasil Pengujian Sensori Tempe Hari Ke – 0 Penyimpanan.....	36
7. Hasil Pengujian Sensori Tempe Hari Ke – 3 Penyimpanan.....	38
8. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Formulasi Terhadap Tekstur Tempe Hari ke-3	39
9. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Metode Pengemasan Terhadap Tekstur Tempe Hari ke-3	40
10. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Formulasi Terhadap Warna Tempe Hari ke-3.....	43
11. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Metode Pengemasan Terhadap Warna Tempe Hari ke-3.....	43
12. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Formulasi Terhadap Aroma Tempe Hari ke-3	46
13. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Metode Pengemasan Terhadap Aroma Tempe Hari ke-3	46

14. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Formulasi Terhadap Penerimaan Keseluruhan Tempe Hari ke-3	48
15. Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> Pada Faktor Metode Pengemasan Terhadap Penerimaan Keseluruhan Tempe Hari ke-3	49
16. Rekapitulasi Penentuan Formulasi Terbaik dari Seluruh Aplikasi <i>Biodegradable Film</i> pada Tempe.....	51
17. Hasil Pengujian Sensori Bentuk Kemasan Tempe.....	52
18. Rekapitulasi Penentuan Metode Pengemasan Terbaik dari Seluruh Aplikasi <i>Biodegradable Film</i> pada Tempe	55
19. Hasil Pengujian Sifat Karakteristik <i>Biodegradable Film</i>	57
20. Nilai Parameter Mutu Kadar Air Selama Penyimpanan	62
21. Nilai Slope (k), Intercept (b), dan Korelasi (R^2) Parameter Kadar Air Tempe Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda (Ordo 0).....	62
22. Umur Simpan Tempe Parameter Kadar Air (Ordo 0) pada Berbagai Suhu Penyimpanan (17°C , 27°C , dan 37°C)	64
23. Nilai Slope (k), Intercept (b), dan Korelasi (R^2) Parameter Kadar Air Tempe Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda (Ordo 1).....	65
24. Umur Simpan Tempe Parameter Kadar Air (Ordo 1) Pada Berbagai Suhu Penyimpanan (17°C , 27°C , dan 37°C)	67
25. Nilai Parameter Mutu Kekerasan Tempe (Kg/10s) Selama Penyimpanan.....	67
26. Nilai Slope (k), Intercept (b), dan Korelasi (R^2) Parameter Kekerasan Tempe Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda (Ordo 0).....	68
27. Umur Simpan Tempe Parameter Kekerasan (Ordo 0) pada Berbagai Suhu Penyimpanan (17°C , 27°C , dan 37°C)	69
28. Nilai Slope (k), Intercept (b), dan Korelasi (R^2) Parameter Kekerasan Tempe Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda (Ordo 1).....	70
29. Umur Simpan Tempe Parameter Kekerasan (Ordo 1) pada Berbagai Suhu Penyimpanan (17°C , 27°C , dan 37°C)	72
30. Hubungan Suhu Penyimpanan Dengan Parameter Mutu.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur gliserol	12
2. Struktur CMC	13
3. Diagram alir pemisahan ampas rumput laut	21
4. Diagram alir pemurnian ampas rumput laut	22
5. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i>	23
6. Diagram alir aplikasi <i>biodegradable film</i> pada tempe	24
7. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dengan $\ln k$ kadar air tempe dalam kemasan <i>biodegradable film</i>	63
8. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dengan $\ln k$ kadar air tempe dalam kemasan <i>biodegradable film</i>	65
9. Grafik hubungan antara nilai $1/T$ dengan $\ln k$ kekerasan tempe dalam kemasan <i>biodegradable film</i>	68
10. Grafik hubungan antara $1/T$ dengan $\ln k$ kekerasan tempe dalam kemasan <i>biodegradable film</i>	70

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Plastik merupakan merupakan salah satu makromolekul yang dibentuk dengan teknik polimerisasi, yaitu proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul yang lebih besar (makromolekul atau polimer). Kelebihan plastik dibandingkan material yang lain diantaranya memiliki sifat yang kuat sehingga tidak mudah pecah, memiliki massa yang tergolong ringan, tidak mudah berkarat, mudah dibentuk juga diwarnai sesuai kebutuhan dan keinginan, serta isolator panas dan listrik yang baik (Surono, 2014). Kelebihan plastik inilah yang menyebabkan penggunaannya dalam berbagai aktivitas khususnya sebagai kemasan menjadi cukup besar (Rizka dan Juliastuti, 2013). Kemasan plastic juga memiliki kelemahan diantaranya mudah rusak atau robek, tidak tahan pada suhu tinggi, serta sifatnya yang *non-biodegradable* atau tidak bisa diuraikan oleh proses biologi.

Biodegradable plastics yang contohnya berupa *film* dapat didefinisikan sebagai polimer yang mudah terurai dengan cara hidrolisis, atau proses pemutusan rantai kimia dengan penambahan air. Proses ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan keberadaan mikroorganisme (GESAMP, 2015). Penggunaan polimer *biodegradable* dari sumber daya terbarukan dapat dijadikan sebagai alternatif

yang efektif untuk menggantikan posisi plastik konvensional yang merupakan polimer sintetik yang sangat sulit terurai oleh lingkungan. Hal inilah yang mendorong meningkatnya penggunaan material *biodegradable* untuk menciptakan *film* sebagai alternatif dari penggunaan plastik konvensional dalam berbagai sektor industri seperti pertanian, biomedis, kosmetik, farmasi, dan khususnya pada bidang kemasan makanan (Raju *et al.*, 2016).

Begitu banyak bahan yang dapat dijadikan *biodegradable film*, salah satu di antaranya adalah rumput laut. Akhir – akhir ini rumput laut menjadi daya tarik bagi banyak orang terutama dalam pengaplikasiannya sebagai sumber energi, makanan, rekayasa jaringan organ, biosensor, dan pengemas obat – obatan (Venkatesan, 2016). Menurut Daemi *et al.* (2016), rumput laut memiliki karakteristik yang hampir sama dengan material polisakarida lainnya karena jumlahnya yang banyak di alam dan harganya relatif murah. Tingkat pemanfaatannya yang tinggi namun belum diikuti dengan pemanfaatan ampasnya sebagai hasil samping dari produk – produk turunannya. Pemanfaatan ampas rumput laut menjadi salah satu hal yang sangat berpotensi karena bagian yang dimanfaatkan oleh industri pengolahan rumput laut hanya sekitar 30 – 40%, sedangkan sekitar 60 – 70% menjadi limbah yang belum dimanfaatkan.

Pemanfaatan ampas rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* menjadi kertas telah diteliti oleh Sintaria (2012) dan menghasilkan kertas yang baik. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa ampas rumput laut memiliki kandungan komponen selulosa sebesar 17,47%; hemiselulosa sebesar 21,16%, dan lignin sebesar 8,23%. Pemanfaatan ampas rumput laut yang masih rendah namun memiliki kandungan

selulosa yang tinggi menjadikan ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* sangat berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*.

Biodegradable film telah banyak diteliti dan dipelajari karakteristiknya. Berbagai bahan khususnya hasil pertanian telah berhasil dijadikan bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*, namun pengaplikasiannya terhadap produk pangan masih sangat minim. Karakteristiknya yang menyerupai plastik konvensional dapat dijadikan sebagai alternatif dalam mengemas makanan karena selain sifatnya yang ramah lingkungan *biodegradable film* mampu mempertahankan kualitas produk dan memperpanjang umur simpannya. Salah satu produk pangan yang memiliki umur simpan yang cukup rendah dan menggunakan plastik sebagai bahan pengemasnya adalah tempe. Tempe merupakan salah satu jenis produk pangan yang dikenali masyarakat Indonesia dari hasil fermentasi yang terbuat dari kedelai. Tempe sangat sensitif terhadap lingkungan karena tempe membutuhkan bantuan mikroorganisme dalam proses pembuatannya dan tempe juga memiliki umur simpan yang relatif rendah. Umur simpannya yang relatif rendah menjadi suatu masalah yang perlu dicari penyelesaiannya, dan *biodegradable film* dapat dijadikan solusi untuk masalah tersebut terlebih lagi sifatnya yang ramah lingkungan sehingga mampu menggantikan plastik konvensional yang digunakan.

Penelitian sebelumnya mengenai karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan penambahan gliserol 0,25 % dan CMC 3% menghasilkan *biodegradable film* terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar

123,23 MPa, nilai ketebalan sebesar 0,150 mm, kelarutan sebesar 76,75%, persen pemanjangan sebesar 7,5% dan biodegradabilitas selama 14 hari (Khumairoh, 2016). Berdasarkan penelitian tersebut dihasilkan *biodegradable film* yang potensial untuk menggantikan plastik konvensional khususnya pada pembungkus makanan. Hal inilah yang melatar belakangi dilakukannya penelitian pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan penambahan gliserol dan CMC yang kemudian dilakukan pengaplikasian *biodegradable film* tersebut pada produk hasil pertanian berupa tempe. Belum tersedianya informasi tentang formulasi bahan tambahan gliserol dan CMC dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* yang tetap untuk tempe dan pengaruhnya terhadap sifat sensori serta umur simpan tempe, menjadi sebuah masalah yang akan dicari solusinya melalui penelitian ini.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh formulasi gliserol dan CMC pada pembuatan *biodegradable film* dalam pengaplikasiannya pada tempe,
2. Mengetahui pengaruh metode pengemasan *biodegradable film* dalam pengaplikasiannya pada tempe,
3. Mengetahui pengaruh interaksi formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan *biodegradable film* dalam pengaplikasiannya pada tempe,
4. Mengetahui kombinasi formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan *biodegradable film* terbaik untuk pengaplikasiannya pada tempe, dan

5. Mengetahui umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut.

1.3. Kerangka Pemikiran

Banyaknya penelitian telah dilakukan tentang *biodegradable film* karena *biodegradable film* dapat dibuat dari berbagai jenis bahan dasar contohnya selulosa. Salah satu sumber bahan baku selulosa adalah ampas rumput laut dimana ampas rumput laut memiliki kandungan komponen selulosa sebesar 17,47% (Sari,2013). Sintaria (2012) menyatakan bahwa penggunaan ampas rumput laut sebagai bahan baku dengan tambahan H₂O₂ 2% dan tapioka 6% menghasilkan kertas berbasis *biodegradable film* ampas rumput laut terbaik (Sintaria, 2012). Hal ini juga didukung oleh Sudharsan *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa selulosa merupakan salah satu polisakarida penting yang telah banyak dikomersialisasi, dapat membentuk hidrokoloid yang sesuai dengan sistem pelarutnya sehingga sangat cocok menjadi bahan dalam pembuatan *film*, memiliki tingkat resistan yang lebih tinggi terhadap air dan pemanasan dalam *microwave*.

Pembuatan *biodegradable film* dari selulosa ampas rumput laut membutuhkan bahan tambahan agar memiliki karakteristik *biodegradable film* yang baik. Bahan tambahan yang dapat digunakan yaitu gliserol sebagai *plasticizer* dan CMC sebagai *stabilizer*. Rani dan Nurbani (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa gliserol 0,6% yang digunakan dalam pembuatan *edible film* rumput laut merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan persentase pemanjangan sebesar 39,39%, nilai kuat tarik sebesar 72,76 kgf/cm², ketebalan sebesar 0,045 mm, dan

kadar air sebesar 20,34%. Hal ini karena gliserol menyebabkan peningkatan ketebalan serta persentase pemanjangan namun menyebabkan penurunan kuat tarik *biodegradable film* berbasis rumput laut. Khumairoh (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa 0,25% gliserol dan 3% CMC menghasilkan perlakuan terbaik dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut terbaik. CMC yang berfungsi sebagai *stabilizer* menyebabkan ketebalan dan kuat tarik *biodegradable film* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi CMC yang ditambahkan (Putri, 2018 ; Khumairoh, 2016 ; Hardjono, 2006).

Banyaknya penelitian tentang *biodegradable film* tidak diiringi dengan pengaplikasiannya pada produk pangan. Aplikasi pada produk memerlukan metode pengemasan yang sesuai. Perbedaan metode pengemasan akan memengaruhi karakteristik serta umur simpan dari produk pangan tersebut. Berdasarkan uraian kerangka pemikiran diatas dapat disimpulkan bahwa *biodegradable film* yang dapat dibuat dari ampas rumput laut yang mengandung selulosa tinggi membutuhkan gliserol dan CMC guna menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik yang baik. Metode pengemasan sebagai bentuk pengaplikasian *biodegradable film* akan memengaruhi tempe sebagai bahan pangan yang memiliki umur simpan relatif rendah tersebut. Pengaplikasian *biodegradable film* pada tempe diharapkan mampu menggantikan penggunaan plastik sebagai bahan pengemas tempe sehingga hal inilah yang memungkinkan penelitian ini perlu dilakukan.

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah

1. Formulasi gliserol dan CMC berpengaruh terhadap sifat sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*,
2. Metode pengemasan berpengaruh terhadap sifat sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*,
3. Interaksi formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan berpengaruh terhadap sifat sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*,
4. Formulasi 0,25% gliserol dan 3% CMC dengan metode pengemasan langsung merupakan kombinasi perlakuan terbaik untuk pengaplikasian pada tempe, dan
5. Tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut pada kombinasi perlakuan terbaik memiliki umur simpan selama 3 hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Biodegradable Film*

Biodegradable plastic/packaging dinilai oleh banyak orang sebagai sebuah solusi yang menjanjikan untuk menjawab permasalahan sampah plastik dunia, karena sifatnya yang ramah lingkungan. Benda ini dapat dibuat dari bahan – bahan terbarukan yang mampu mengurangi emisi gas rumah kaca. *Biodegradable plastic* memberikan banyak keuntungan seperti meningkatkan kesuburan tanah, sifatnya yang mudah terurai sehingga tidak menyebabkan penumpukan yang mana dapat mengurangi bahayanya terhadap tumbuhan maupun hewan, dan juga mengurangi biaya dalam pengolahan limbah (Tokiwa and Calabia, 2008).

Biodegradable plastic dari polimer – polimer tertentu telah didesain agar memiliki sifat yang *biodegradable* untuk aplikasi medis, sehingga mampu dimetabolisme dalam tubuh manusia dengan bantuan katalis untuk hidrolisis melalui aktivitas enzim. Beberapa polimer lain seperti *poly* (asam glikolik) dan kopolimernya digunakan sebagai bahan untuk jahitan sementara pada dunia medis, sedangkan yang lainnya didesain untuk bahan obat – obatan seperti untuk beberapa jenis kanker atau vaksin (Pillay *et al.*, 2014). Kemudian, polimer yang lain juga didesain untuk kisi – kisi sementara pada pertumbuhan sel (Woodruff and Hutmacher, 2010).

Biodegradable packaging dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *biodegradable film*, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi. *Biodegradable film* adalah film kemasan yang dapat hancur secara alami oleh mikroorganisme, bakteri dan jamur.

Biodegradable coating merupakan jenis *biodegradable packaging* yang langsung melapisi produk, berbeda dengan *biodegradable film* yang pembentukannya sebagai pelapis dan pengemas dalam bentuk lembaran. Enkapsulasi merupakan *biodegradable packaging* yang memiliki fungsi sebagai pembawa zat flavor berbentuk serbuk.

Plastik *biodegradable* paling banyak digunakan sebagai pengemas (Swamy and Singh, 2010). Menurut Iflah *et al.* (2012), *biodegradable film* dapat digunakan sebagai bahan pengemas paprika, tomat, dan meningkatkan kesegaran buah secara lebih baik, jika dibandingkan dengan kantong PE. Karakteristik *biodegradable film* yang perlu diketahui antara lain yang pertama berupa kuat tarik (*tensile strength*), dimana kuat tarik dapat diartikan sebagai gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* tersebut putus atau robek. Hasil pengukuran kuat tarik berhubungan dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan film. Kedua, persen pemanjangan (*elongation to break*), merupakan perubahan panjang maksimum yang dialami *film* pada saat terjadi peregangan hingga film tersebut terputus. Ketiga, transmisi uap air, dimana nilai transmisi uap suatu *film* digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang akan dikemas di dalamnya (Harsunu, 2008). Terakhir yaitu kelarutan, persentase kelarutan *biodegradable film* yang dilihat dari berat kering setelah dicelupkan dalam air selama waktu tertentu (Gontard and Guilbert, 1992).

2.2. *Eucheuma cottonii*

2.2.1. Klasifikasi

Budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* banyak ditemukan di Lombok, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Lampung, Kepulauan Seribu, dan Perairan Pelabuhan Ratu (Laode, 1998). *Eucheuma cottonii* memiliki *thallus* yang licin dan silindris, berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu dan merah, yang hidupnya melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram.

Klasifikasi *Eucheuma cottonii* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieracea
Genus	: Eucheuma
Species	: <i>Eucheuma alvarezii</i> doty (<i>Kappaphycus alvarezii</i> doty)

Umumnya *Eucheuma cottonii* tumbuh dengan baik pada kondisi perairan perairan yang terlindung dari terpaan angin dan gelombang besar, kedalaman perairan \pm 7,65-9,72 m, salinitas 33 -35 ppt, suhu air laut 28-30 C, kecerahan 2,5-5,25 m, pH 6,5-7,0 dan kecepatan arus 22- 48 cm/detik (Wiratmaja, 2011).

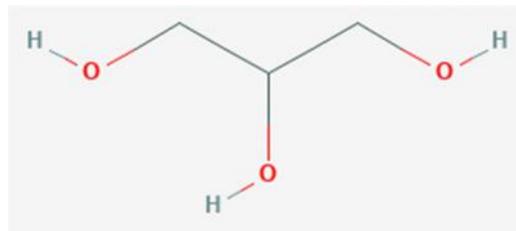
2.2.2. Ampas rumput laut

Rumput laut *Eucheuma sp.* terbagi menjadi dua jenis yaitu *Eucheuma spinosum* dan *Eucheuma cottonii*. *Eucheuma cottonii* dalam dunia perdagangan internasional menjadi hal yang sangat penting karena dijadikan sebagai sumber penghasil ekstrak karagenan (Aslan dan Laode, 1998). Pada industri yang mengolah rumput laut terutama ekstraksi karagenan, *Eucheuma cottonii* yang digunakan hanya sekitar 30-35%, sedangkan 65-70% menjadi limbah yang cenderung terbuang dan menjadi sampah organik (Wekridhany *et al.*, 2012). Menurut Riyanto dan Wilaksanti (2006), ampas rumput laut masih memiliki kandungan zat gizi antara lain kadar air 80-84%, protein 0,5-0,8%, lemak 0,1 sampai 0,2% dan abu 2-3%. Kadar karbohidrat dari ampas rumput laut sebesar 13- 15%, dengan komponen selulosa 16-20%, hemiselulosa 18-22%, lignin 7- 8% dan serat kasar 2,5-5%. Ampas rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*, memiliki kandungan komponen selulosa sebesar 17,47%, hemiselulosa 21,16%, dan lignin 8,23% (Sintaria, 2012).

2.3 Gliserol

Gliserol ($C_3H_8O_3$) merupakan larutan kental yang netral, dengan rasa manis, tidak berwarna, dengan titik lebur $20^\circ C$ dan titik didih yang tinggi yaitu $290^\circ C$. Bahan tambahan yang dicampurkan pada pembuatan *biodegradable film* ini bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik. Sifat mekanik sangat penting dalam pengemasan dan penyimpanan produk terutama dari faktor mekanis seperti tekanan fisik (benturan antara bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan

dan pendistribusian (Harsunu, 2008). Gliserol merupakan salah satu *plastizer* yang berfungsi mengurangi kerapuhan pada biodegradable film. Menurut Ningsih (2015) penggunaan gliserol dapat meningkatkan sifat plastis *biodegradable film*, menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer sehingga film akan lentur dan plastis yang dapat larut dalam air, memiliki titik didih tinggi, polar, non volatil, dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah yang mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan dengan gugus reaktif protein. Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 1.

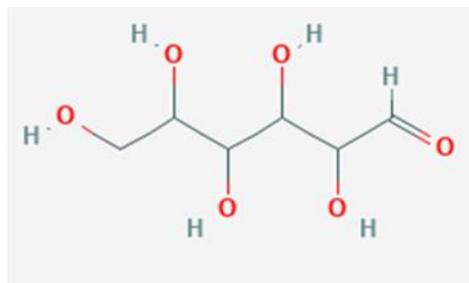


Gambar 1. Struktur gliserol
Sumber : PubChem (2018)

2.4. CMC

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan senyawa dengan rentang pH sebesar 6,5-8,0 yang memiliki sifat *biodegradable*, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, berbentuk butiran atau bubuk yang larut dalam air. CMC berasal dari selulosa kayu dan kapas yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat dengan katalis berupa senyawa alkali. Bahan ini juga merupakan senyawa yang serbaguna karena memiliki sifat penting dalam kelarutan, reologi dan adsorpsi dipermukaan (Netty, 2010).

Sifat CMC diantaranya yaitu mudah larut dalam air dingin maupun panas, dapat membentuk lapisan pada suatu permukaan, bersifat stabil terhadap lemak dan tidak larut dalam pelarut organik, baik sebagai bahan penebal, sebagai zat inert, dan bersifat sebagai pengikat. Berdasarkan sifatnya maka CMC dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada produk minuman dan juga aman untuk dikonsumsi atau *edible*. Struktur CMC dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur CMC
Sumber : PubChem (2018)

2.5. Metode Pengemasan

Berbagai metode pengemasan akan memberikan efek yang berbeda – beda pada setiap bahan yang dikemas, pilihan metode pengemasan yang bisa digunakan pada produk pangan antara lain pengemasan vakum dan non vakum. Kemasan non vakum menyebabkan ketersediaan O_2 pada kemasan meningkat sehingga pertumbuhan mikroorganisme aerob meningkat, sementara hal tersebut tidak terjadi pada kemasan vakum yang menyebabkan rendahnya ketersediaan O_2 pada kemasan. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengemasan yang digunakan dapat memengaruhi produk yang dikemas (Nur, 2009). Salah satu produk yang dalam pembuatan dan pemasarannya menggunakan kemasan adalah tempe, dimana

tempe memiliki umur simpan yang relatif rendah dan teknik pendugaan umur simpan sangat penting dilakukan dalam penyimpanan produk pangan yang memiliki umur simpan rendah (Lastriyanto *et al.*, 2016). Hal ini bertujuan agar kita mengetahui sampai kapan suatu produk masih aman dan layak untuk dikonsumsi.

2.6. Tempe

Tempe adalah produk fermentasi kedelai oleh aktivitas enzimatik kapang *Rhizopus oligosporus* (Kustyawati *et al.*, 2016). Menurut Standar Nasional Indonesia 01-3144-1992, tempe kedelai merupakan produk makanan hasil fermentasi biji kedelai oleh kapang tertentu, berbentuk padatan kompak dan berbau khas serta bewarna putih atau sedikit keabu-abuan. Tempe dengan kualitas baik mempunyai ciri-ciri berwarna putih bersih yang merata pada permukaannya, memiliki struktur yang homogen dan kompak, serta berasa, berbau dan beraroma khas tempe (Winanti *et al.*, 2014).

Menurut Fardiaz (1992), struktur morfologi kapang *Rhizopus oligosporus* tersusun atas dua bagian yaitu miselium dan spora. Miselium merupakan kumpulan dari hifa. Hifa kapang biasanya berupa serabut-serabut halus seperti kapas yang dapat tumbuh di bawah atau di atas permukaan medium.

Pertumbuhan hifa berasal dari spora yang telah melakukan germinasi membentuk tuba germ yang akan tumbuh terus membentuk miselium. *Rhizopus oligosporus* 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.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian dan Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 hingga Maret 2019.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah rumput laut kering spesies *Eucheuma cottonii* yang diperoleh dari pedagang rumput laut di Kabupaten Lampung Selatan, sedangkan bahan utama yang digunakan dalam pengaplikasiannya adalah tempe yang didapatkan dari pengrajin tempe di Pasar Way Halim. Bahan lain yang digunakan adalah gliserol sebagai plasticizer, CMC, aquades, air, etanol 97%, tapioka 6%, hidrogen peroksida H₂O₂ 2%.

Peralatan yang digunakan adalah *shaker waterbath*, timbangan digital, *hot plate*, *Universal Testing Machine* (UTM), *Testing Machine* MPY, baskom, panci, kain saring, plat kaca ukuran 20x20, gelas Erlenmeyer, gelas Beaker, cawan, desikator,

batang pengaduk, pipet tetes, talenan, stopwatch, pisau *stainless steel*, spatula, peralatan laboratorium lainnya, kuesioner, dan alat uji sensori lainnya.

3.3. Metode Penelitian

Perlakuan disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 4 kali ulangan. Faktor pertama adalah formulasi gliserol dan CMC dengan 3 taraf yaitu 0,25% : 3% (F1); 0,5% : 2% (F2); 0,75% : 1% (F3) dan faktor kedua adalah metode pengemasan dengan 2 taraf yaitu pengemasan langsung (P1) dan pengemasan dengan wadah (P2). Tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* sesuai perlakuan selanjutnya diamati sifat sensorinya yang meliputi tekstur, warna, aroma/bau, dan penerimaan keseluruhan yang dilakukan pada hari ke-0 dan ke-3 penyimpanan. Data hasil pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* selanjutnya diuji kesamaan ragamnya dengan uji *Bartlett* dan diuji kemenambahan data dengan uji *Tuckey*. Data tersebut dianalisis sidik ragamnya pada taraf 5% dan 1% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Data dianalisis lebih lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Berdasarkan hasil pengujian sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut didapatkan formulasi *biodegradable film* terbaik yang digunakan pengujian sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* pada metode pengemasan dan bentuk kemasan yang berbeda yang meliputi pengujian hedonik dan rangking.

Data hasil pengujian hedonik kemudian dianalisis sidik ragamnya pada taraf 5% dan 1% sementara data uji rangking dianalisis dengan uji *Friedman* untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Data pengujian hedonik dianalisis lebih lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% sementara data pengujian rangking dianalisis lebih lanjut dengan uji *Least Significant Differences* (LSD) pada taraf 5%. Berdasarkan hasil pengujian hedonik dan rangking tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut pada formulasi terbaik didapatkan metode pengemasan terbaik yang selanjutnya digunakan untuk menentukan perlakuan terbaik.

Perlakuan terbaik dalam penelitian ini kemudian digunakan untuk mengetahui karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut yang meliputi kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan transmisi uap air serta digunakan untuk melakukan pendugaan umur simpan tempe dengan menggunakan metode akselerasi (penyimpanan dipercepat) dengan model persamaan Arrhenius (kinetika reaksi) dengan menggunakan software Microsoft Excel (Kusnandar *et al.*, 2010). Tempe yang akan diuji disimpan pada suhu 17°C, 27°C, dan 37°C dengan parameter uji yaitu kadar air serta tingkat kekerasan tempe yang dilakukan pada hari ke-0 hingga hari ke-5. Hasil data pengamatan tersebut, selanjutnya digunakan untuk menentukan umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari empat tahap yaitu penelitian pendahuluan, penelitian utama, pengujian karakteristik *biodegradable film*, dan pendugaan

umur simpan. Penelitian pendahuluan meliputi pembuatan *biodegradable film* dan pengaplikasiannya pada tempe. Penelitian utama meliputi pemisahan ampas rumput laut, pemurnian selulosa ampas rumput laut, pembuatan *biodegradable film*, aplikasi *biodegradable film* pada tempe, pengujian sensori tempe, pengujian sensori tempe pada metode pengemasan dan bentuk kemasan berbeda, dan penentuan perlakuan terbaik. Pengujian karakteristik *biodegradable film* meliputi pengujian kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan *Water Vapor Transmission Rate* (WVTR). Pendugaan umur simpan tempe dilakukan berdasarkan parameter mutu kadar air dan kekerasan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut.

3.4.1. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu tentang pengaruh konsentrasi gliserol dan konsentrasi CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut *eucheuma cottonii* yang dilakukan oleh Ulfa Maulidia Khumairoh, salah seorang alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian yang dilakukannya menghasilkan perlakuan terbaik yaitu dengan penambahan gliserol 0,25 % dan CMC 3% menghasilkan *biodegradable film* dengan nilai kuat tarik sebesar 123,23 Mpa, nilai ketebalan sebesar 0,150 mm, kelarutan sebesar 76,75%, persen pemanjangan sebesar 7,5% dan biodegradabilitas selama 14 hari. Perlakuan tersebut dipilih penulis dalam melakukan penelitian pendahuluan kali ini. Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk memastikan bahwa *biodegradable film*

berbasis ampas rumput laut dapat diaplikasikan pada tempe dan untuk menentukan waktu pengamatan yang dilakukan pada penelitian utama.

3.4.1.1. Pembuatan *biodegradable film*

Penelitian pendahuluan yang dilakukan penulis diawali dengan merendam rumput laut kering yang didapatkan dari salah satu toko bahan kue di Pasar Perumnas Way Halim, Bandar Lampung. Setelah perendaman selama 24 jam rumput laut kering yang awalnya seberat 100 g menjadi ± 665 g rumput laut basah yang sangat berlendir. Kemudian 100 g rumput laut basah tersebut direbus di dalam 2 L air dengan waktu ± 15 menit dalam sekali perebusan. Perebusan dilakukan terhadap seluruh 665 g rumput laut basah yang dihasilkan tersebut. Setiap setelah perebusan, rumput laut kemudian disaring dengan saringan yang memiliki lubang-lubang cukup besar, kemudian disaring dengan saringan santan, dan yang terakhir dengan kain saring. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan ampas rumput laut yang menjadi bahan baku dalam penelitian ini.

Tahapan selanjutnya adalah pemurnian selulosa pada ampas rumput laut, yang dilakukan dengan merendam 50 g ampas rumput laut dalam 100 ml larutan H_2O_2 2% di dalam erlenmeyer yang sekaligus dipanaskan pada suhu $85^\circ C$ selama 3 jam menggunakan *hot plate* yang di atasnya diletakkan panci berisi air, yang kemudian erlenmeyer tersebut diletakkan di dalam panci tersebut. Selama proses pemasakan, erlenmeyer tersebut terus diaduk. Hal ini dilakukan dengan maksud agar menyerupai *shaker water bath* yang tidak tersedia. Setelah pemanasan selama 3 jam dilakukan, ampas rumput laut tersebut diletakkan di atas kain saring

yang kemudian dicuci dengan air mengalir dan aquades, dengan tujuan agar pH selulosa kembali netral.

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan dua buah *biodegradable film* pada erlenmeyer terpisah. Erlenmeyer pertama diawali dengan melarutkan 1,5g CMC dengan 25 mL aquades terlebih dahulu, kemudian ditambah dengan 25 mL aquades berikutnya dengan tujuan agar CMC yang berbentuk bubuk tidak menggumpal. Selanjutnya pada wadah terpisah, 3g tepung tapioka dilarutkan dalam 15mL etanol teknis dengan tujuan agar tepung tapioka tidak menggumpal. Larutan etanol dan tapioka dicampurkan ke dalam larutan CMC tersebut, kemudian ditambahkan 5g selulosa yang dimasak pada suhu 70°C dan ketika suhu telah mencapai 70°C, gliserol sebanyak 0,125 mL ditambahkan ke dalam larutan. Larutan tersebut dimasak selama 30 menit, yang kemudian diangkat dan diaduk agar menghilangkan gelembung yang ada pada larutan, namun pada penelitian pendahuluan gelembung yang dihasilkan masih banyak. Kemudian larutan tersebut dicetak pada plat kaca dan diratakan. *Biodegradable film* tersebut dikeringkan pada suhu ruang selama 6 hari.

Sementara pada erlenmeyer kedua diawali dengan mencampurkan 1,5g CMC dan 3 gram tapioka, yang kemudian dilarutkan dengan 25 mL aquades terlebih dahulu, kemudian ditambah dengan 25 mL dan kemudian ditambahkan 15 mL etanol teknis, kemudian ditambahkan 5g selulosa yang dimasak pada suhu 70°C. Ketika suhu telah mencapai 70°C, ditambahkan gliserol sebanyak 0,125 mL yang seharusnya ditimbang $\pm 0,125g$. Mengacu pada erlenmeyer pertama yang memiliki larutan *biodegradable film* dengan kekentalan yang cukup tinggi, maka

larutan ini ditambahkan 25 mL aquades lagi. Larutan tersebut dimasak selama 30 menit, yang kemudian setelahnya diangkat dan diaduk agar menghilangkan gelembung yang ada pada larutan, pada larutan ini gelembung yang dihasilkan tidak sebanyak pada erlenmeyer pertama. Kemudian larutan tersebut dicetak pada plat kaca dan diratakan. *Biodegradable film* tersebut dikeringkan pada suhu ruang selama 6 hari.

3.4.1.2. Aplikasi *biodegradable film* pada tempe

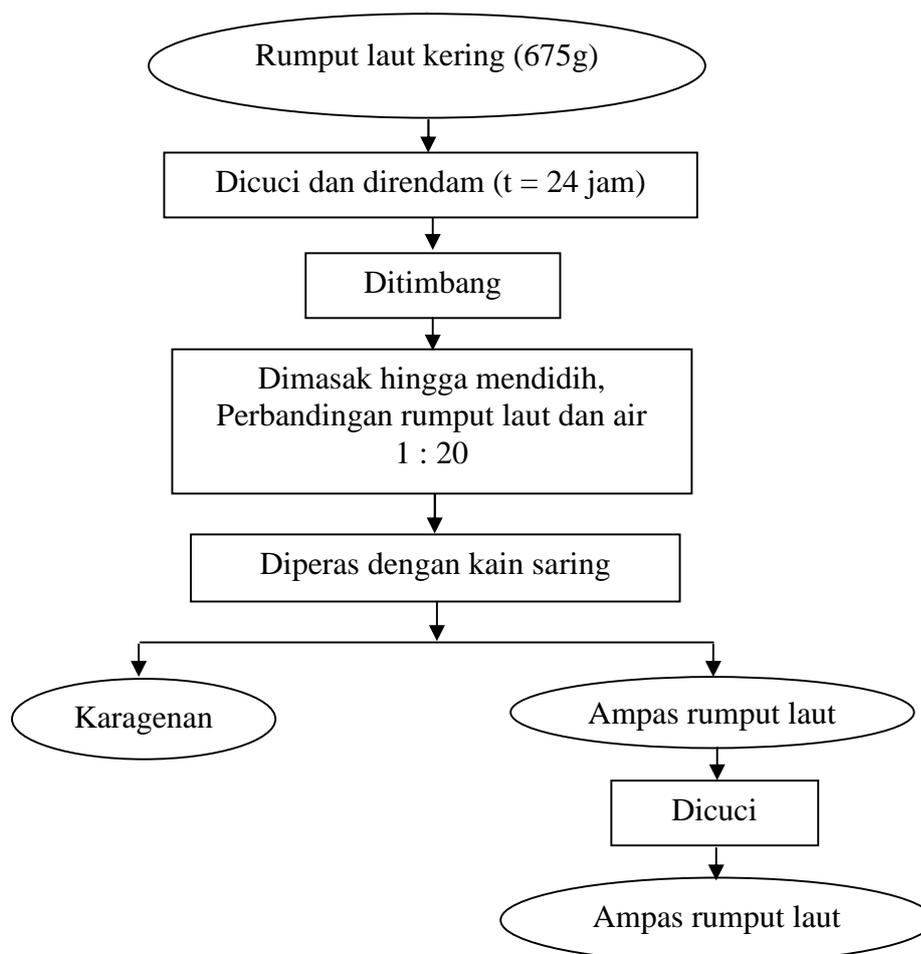
Setelah *biodegradable film* terbentuk dan dapat dilepaskan dari plat kaca, kemudian *biodegradable film* tersebut dicoba untuk melapisi tempe yang pada umumnya dibungkus dengan plastik PP dan dibeli di Chandra Mart Way Halim, Bandar Lampung. Tempe yang digunakan dalam penelitian pendahuluan ini dibeli dari *mini market* karena penulis berusaha menekan resiko kegagalan yang disebabkan oleh tempe tersebut karena tempe yang dibeli pada *mini market* dianggap lebih terpercaya dan memiliki kualitas yang lebih baik. Pelapisan tempe dengan *biodegradable film* dilakukan dengan 2 cara, yaitu melapisinya secara langsung (pengemasan langsung) sedangkan cara yang kedua yaitu menjadikan *biodegradable film* tersebut sebagai penutup wadah tempat penyimpanan tempe (pengemasan dengan wadah).

3.4.2. Penelitian utama

3.4.2.1. Pemisahan ampas rumput laut

Sampel rumput laut kering sebanyak 675 gram dicuci dan dibersihkan. Sampel rumput laut direndam selama 24 jam kemudian ditimbang. Sampel rumput laut

dimasak hingga mendidih dengan perbandingan antara rumput laut dan air sebesar 1 : 20. Sampel kemudian diperas dengan kain saring untuk memisahkan karagenan dan ampas rumput laut. Ampas dicuci hingga bersih. Diagram alir proses pemisahan ampas rumput laut dapat dilihat pada Gambar 1.

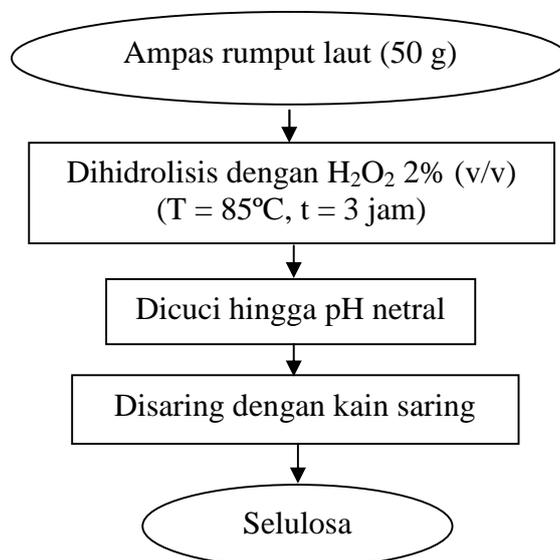


Gambar 1. Diagram alir pemisahan ampas rumput laut
Sumber : Khumairoh (2016)

3.4.2.2. Pemurnian selulosa rumput laut

Ampas rumput laut sebanyak 50g dihidrolisis dalam 100 mL larutan hidrogen peroksida H_2O_2 2% (v/v) selama 3 jam pada suhu $85^\circ C$ dengan *shaker waterbath*. Ampas rumput laut dicuci hingga pH netral, kemudian disaring dengan kain

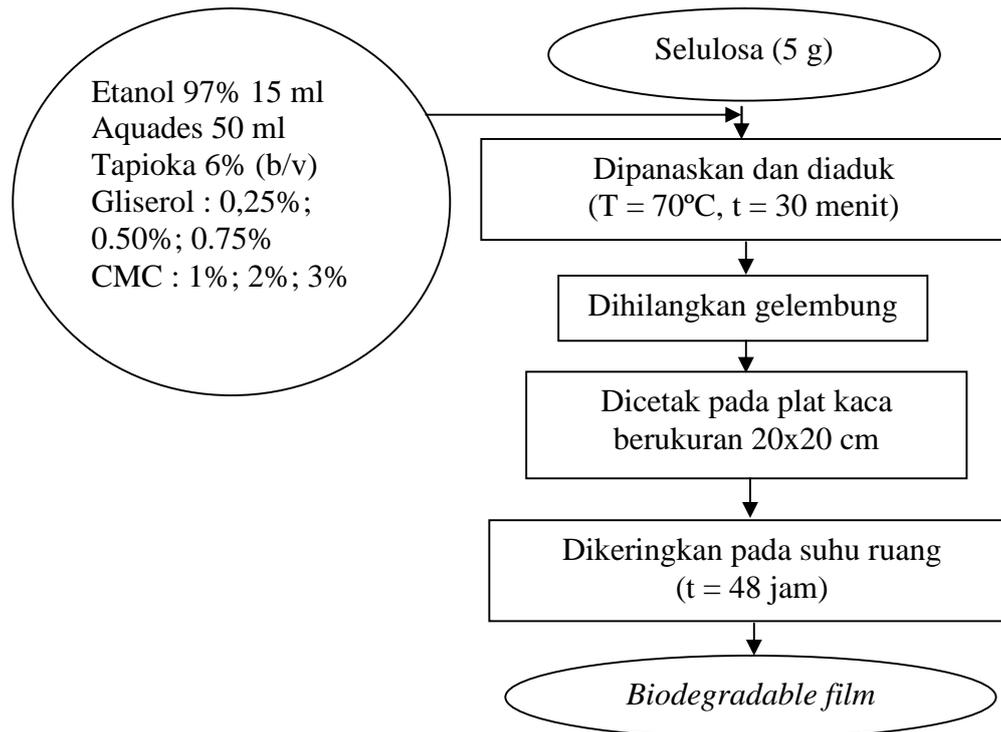
saring sehingga diperoleh selulosa murni. Diagram alir pemurnian selulosa dari ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pemurnian ampas rumput laut
Sumber : Khumairoh (2016)

3.4.2.3. Pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut

Selulosa ampas rumput laut sebanyak 5g dimasukkan ke dalam gelas Erlenmeyer 250 mL. Kemudian ditambahkan tapioka 6% (b/v), etanol 15 mL, formulasi gliserol dan CMC masing – masing sesuai perlakuan, selanjutnya campuran tersebut dilarutkan dengan 50 ml aquades. Larutan dipanaskan dan diaduk selama 30 menit pada suhu 70°C menggunakan *hot plate*. Kemudian gelas Erlenmeyer berisi larutan tersebut diangkat dan dihilangkan gelembungnya dengan cara pengadukan. Larutan dituangkan diatas plat kaca berukuran 20x20 cm, yang selanjutnya dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam. Diagram alir pembuatan *biodegradable film* dari selulosa ampas rumput laut dapat dilihat pada Gambar 3.

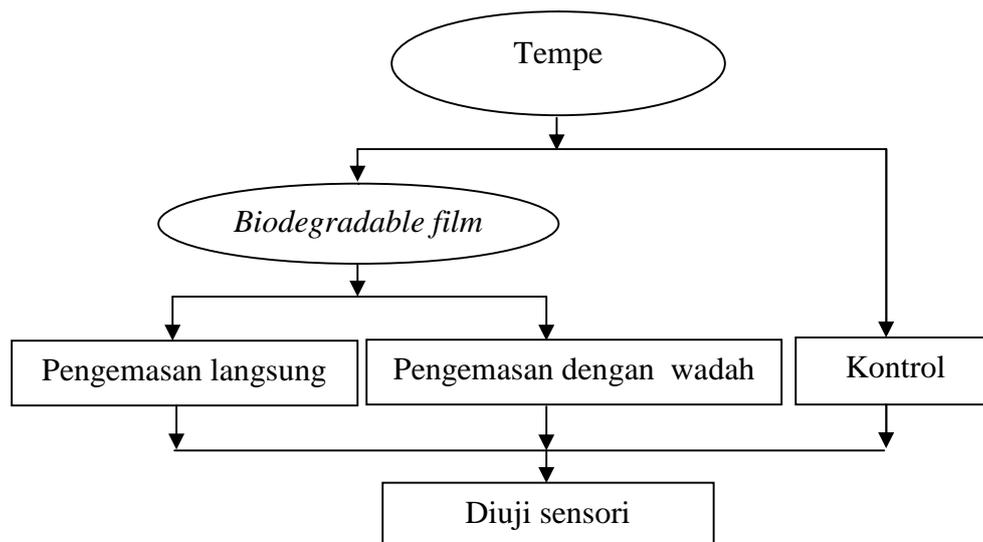


Gambar 3. Diagram alir pembuatan *biodegradable film*

Sumber : Khumairoh (2016)

3.4.2.4. Aplikasi *biodegradable film* pada tempe

Biodegradable film yang telah kering, kemudian diaplikasikan pada tempe sesuai dengan cara aplikasi dari tiap – tiap perlakuan. Cara aplikasi melapisi langsung dilakukan dengan cara meletakkan tempe dibagian tengah *biodegradable film*, kemudian dilipat sehingga dapat melapisi tempe tersebut dengan rapat, sedangkan untuk cara kedua yaitu sebagai penutup wadah, dilakukan dengan meletakkan tempe pada wadah plastik, kemudian *biodegradable film* diletakkan diatas wadah sebagai penutup wadah, kemudian dieratkan. Diagram alir aplikasi *biodegradable film* pada tempe dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir aplikasi *biodegradable film* pada tempe

3.5. Pengamatan

3.5.1. Uji sensori tempe

Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Sensori Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Tempe yang telah dikemas dengan *biodegradable film*, selanjutnya disimpan pada suhu ruang yaitu 27°C. Pengujian dilakukan pada hari penyimpanan 0 dan 3 hari. Pengujian sensori tempe menggunakan uji skoring dan uji hedonik dalam bentuk kuesioner. Panelis yang digunakan pada uji sensori tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* berjumlah 25 orang panelis semi terlatih. Cara untuk uji sensori tempe yaitu panelis diminta untuk mengevaluasi sampel tersebut satu persatu sesuai dengan perlakuan (formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan) pada parameter tekstur, warna, aroma, dan penerimaan keseluruhan yang kemudian membandingkannya dengan kontrol. Kontrol merupakan tempe konvensional yang disimpan pada suhu ruang.

Skor yang digunakan pada uji sensori tekstur tempe antara lain 5 yaitu sangat kedelai kompak dan tidak kering atau tidak basah (segar), 4 yaitu kedelai kompak namun sedikit kering, 3 yaitu kedelai kompak cenderung kering, 2 yaitu kedelai kompak kering, 1 yaitu kedelai kompak sangat kering (diseluruh bagian). Skor yang digunakan pada uji sensori warna tempe antara lain 5 yaitu sangat putih normal merata pada seluruh bagian (90-100%), 4 yaitu dominan putih (70-80%), 3 yaitu cenderung putih (50-60%), 2 yaitu sedikit putih (30-40%), dan 1 yaitu tidak putih atau warna lain. Skor yang digunakan pada uji sensori aroma tempe antara lain 5 yaitu beraroma khas tempe dan aroma kedelai (tajam), 4 yaitu beraroma khas tempe aroma kedelai, 3 yaitu beraroma khas tempe aroma kedelai (lemah), 2 yaitu beraroma khas tempe aroma kedelai namun sedikit tercium bau amoniak, 1 yaitu beraroma amoniak (tajam). Skor yang digunakan pada uji sensori penerimaan keseluruhan tempe antara lain 5 yaitu sangat suka, 4 yaitu suka, 3 yaitu agak suka, 2 yaitu tidak suka, dan 1 yaitu sangat tidak suka. Kuesioner uji sensori tempe dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kuesioner Uji Skoring Tempe

Nama:	Produk : Tempe					
Tanggal :	Instruksi					
<p>Dihadapan Anda disajikan sampel tempe dengan satu kontrol. Anda diminta untuk mengevaluasi penerimaan secara keseluruhan sampel tersebut satu persatu, yang kemudian dibandingkan dengan kontrol. Berikan penilaian Anda dengan cara menuliskan skor di bawah kode sampel pada tabel penilaian berikut :</p>						
Tabel penilaian uji sensori tempe						
Penilaian	Kode Sampel					
	154	137	461	891	297	925
Tekstur						
Warna						
Aroma						
<p>Keterangan skor mutu uji skoring tempe :</p> <p>Tekstur Tempe</p> <p>5 = kedelai kompak dan tidak kering atau tidak basah (segar)</p> <p>4 = kedelai kompak, namun sedikit kering</p> <p>3 = kedelai kompak, cenderung kering</p> <p>2 = kedelai kompak, kering</p> <p>1 = kedelai kompak, sangat kering (diseluruh bagian)</p> <p>Warna Tempe</p> <p>5 = putih normal merata pada seluruh bagian (90-100%)</p> <p>4 = dominan putih (70-80%)</p> <p>3 = cenderung putih (50-60%)</p> <p>2 = sedikit putih (30-40%)</p> <p>1 = tidak putih atau warna lain</p> <p>Aroma Tempe</p> <p>5 = beraroma khas tempe, aroma kedelai (tajam)</p> <p>4 = beraroma khas tempe, aroma kedelai</p> <p>3 = beraroma khas tempe, aroma kedelai (lemah)</p> <p>2 = beraroma khas tempe, aroma kedelai namun sedikit tercium bau amoniak</p> <p>1 = beraroma amoniak (tajam)</p>						

Tabel 2. Kuesioner Uji Hedonik Tempe

Nama:	Produk : Tempe					
Tanggal :						
Instruksi						
Dihadapan Anda disajikan beberapa sampel tempe. Anda diminta untuk mengevaluasi penerimaan keseluruhan sampel tersebut satu persatu. Berikan penilaian Anda dengan cara menuliskan skor di bawah kode sampel pada tabel penilaian berikut :						
Tabel penilaian uji sensori tempe						
Penilaian	Kode Sampel					
	154	137	461	891	297	925
Penerimaan Keseluruhan						
Keterangan skor mutu uji hedonik tempe :						
Penerimaan Keseluruhan						
5 = sangat suka						
4 = suka						
3 = agak suka						
2 = tidak suka						
1 = sangat tidak suka						

3.5.2. Uji sensori tempe pada metode pengemasan dan bentuk kemasan yang berbeda

Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Sensori Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Tempe yang telah dikemas dengan *biodegradable film* dengan metode pengemasan langsung dan metode pengemasan dengan wadah, selanjutnya diujikan pada panelis. Pengujian sensori bentuk kemasan tersebut menggunakan uji hedonik dan uji rangking dalam bentuk kuesioner. Panelis yang digunakan pada uji sensori bentuk kemasan tempe ini berjumlah 25 orang panelis semi terlatih. Cara untuk menguji sensori bentuk kemasan tempe yaitu panelis diminta untuk mengevaluasi penerimaan keseluruhan bentuk serta metode-metode pengemasan tempe tersebut pada

kuesioner uji hedonik dan juga mengurutkan berdasarkan tingkat penerimaan keseluruhannya pada kuesioner uji rangking.

Skor yang digunakan pada uji hedonik bentuk dan metode pengemasan antara lain 5 yaitu sangat suka, 4 yaitu suka, 3 yaitu agak suka, 2 yaitu tidak suka, dan 1 yaitu sangat tidak suka. Sementara skor yang digunakan pada uji rangking bentuk dan metode pengemasan adalah 1 untuk yang paling disukai, 2 untuk yang tingkat kesukaan nomor dua, dan 3 untuk yang paling tidak disukai. Kuesioner uji sensori bentuk kemasan tempe dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kuesioner Uji Hedonik Bentuk Kemasan Serta Metode Pengemasan Tempe

Nama:	Produk : Tempe yang dikemas		
Tanggal :			
Instruksi			
Dihadapan Anda disajikan beberapa tempe yang dikemas. Anda diminta untuk menilai tingkat kesukaan terhadap bentuk kemasan serta metode pengemasan sampel tersebut satu persatu. Berikan penilaian Anda dengan cara menuliskan skor di bawah kode sampel pada tabel penilaian berikut :			
Tabel penilaian uji sensori tempe			
Penilaian	Kode Sampel		
	153	137	461
Bentuk & Metode			
Keterangan skor mutu uji hedonik tempe :			
Penerimaan Keseluruhan			
5 = sangat suka			
4 = suka			
3 = agak suka			
2 = tidak suka			
1 = sangat tidak suka			

Tabel 4. Kuesioner Uji Ranking Bentuk Kemasan Serta Metode Pengemasan Tempe

Nama:	Produk : Tempe yang dikemas	
Tanggal :		
Instruksi		
<p>Dihadapan Anda disajikan beberapa sampel tempe. Anda diminta untuk mengurutkan tingkat kesukaan terhadap bentuk serta metode pengemasan tempe tersebut. Nilai 1 untuk yang paling anda sukai, 2 untuk yang tingkat kesukaan nomor dua, dan 3 untuk yang tingkat kesukaan terendah. Berikan penilaian Anda dengan cara menuliskan nilai tersebut di bawah kode sampel pada tabel penilaian berikut :</p>		
Tabel penilaian uji sensori tempe		
Kode Sampel		
153	137	461
Alasan :		

3.5.3. Uji kuat tarik

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT-5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* dengan metode ASTM D638 M-III. 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

(ASTM, 1983) :

$$\tau = \frac{F_{maks}}{A}$$

Keterangan :

= kekuatan tarik (MPa)
 F_{maks} = gaya tarik (N)
A = luas permukaan contoh (mm^2)

3.5.4. Uji ketebalan

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* ASTM D638 M-III. 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 dengan mesin penguji tensile. Ketebalan sampel diukur pada tiga posisi yaitu bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah membran. Lalu nilai ketebalan akan dirata-ratakan yang kemudian didapatkan ketebalan pada sampel tersebut (Gontard and Guilbert, 1992).

3.5.5. Uji persen pemanjangan

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Testing Machine* MPY (Type:PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan) ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. *Instron* diset pada *initial grip separation* 50 mm, *crosshead speed* 50 mm/menit dan *loadcell* 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat film pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan, panjang film diukur sampai batas pegangan

yang disebut panjang awal (l_0), sedangkan panjang film setelah penarikan disebut panjang setelah putus (l_1) dan dihitung persen pemanjangan dengan rumus berikut (ASTM, 1983) :

$$\text{persen pemanjangan} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Keterangan :

l_0 = panjang awal (cm)

l_1 = panjang setelah putus (cm)

3.5.6. Uji transmisi uap air

Pengujian laju transmisi uap air (WVTR) dilakukan dengan cara meletakkan sampel yang akan diuji pada mulut cawan berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 7 cm, diameter luar 8 cm dan kedalaman 2 cm yang didalamnya berisi silika gel 10g. Bagian tepi cawan yang ditutup plastik dieratkan dengan wax atau isolasi. Cawan kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisi larutan NaCl 40% (b/v). Uap air yang terdifusi melalui plastik akan diserap oleh silika gel dan akan menambah berat silika gel tersebut. Kondisi laju transmisi uap air setimbang tercapai dalam waktu 7-8 jam (kondisi *steady state*), dan dilakukan penimbangan secara periodik setiap 1 jam (mulai dari jam ke-0 sampai jam ke-7). Perubahan berat menunjukkan kecepatan difusi uap air melewati plastik. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan nilai laju transmisi uap air dapat ditentukan dengan rumus :

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slop kenaikan cawan } (\frac{\text{g}}{\text{jam}})}{\text{luas permukaan } (m^2)}$$

Keterangan :

WVTR = nilai laju transmisi uap air ($\text{g}/\text{m}^2/\text{jam}$)

3.5.7. Uji Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode oven. 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 (AOAC, 2005).

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

Keterangan :

A = berat cawan kosong (g)

B = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan (g)

C = berat cawan + sampel setelah dikeringkan (g)

3.5.8. Uji kekerasan

Kekerasan sampel diukur menggunakan penetrometer. Diatur beban penetrometer, lalu diatur jarum penunjuk skala kedalam tusukan dengan angka nol. Sampel ditempatkan dibawah jarum sehingga ujung jarum menempel pada buah tetapi tidak menusuk permukaan sampel. Ditekan ujung penetrometer pada sampel dan ditahan sampai 10 detik. Dibaca skala penanda yang bergeser dari angka nol (Seruni, 2018).

3.5.9. Pendugaan umur simpan

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan metode *Accelerated Storage Studies* (ASS) dengan model Arrhenius. Data hasil pengujian kadar air dan kekerasan pada 3 suhu penyimpanan berbeda tersebut selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik sehingga dapat diperoleh persamaan regresi linearnya yaitu nilai *slope* (k), *intercept* (konstanta), dan koefisien korelasi (R), dengan cara memplotkan data hasil pengamatan tersebut pada sumbu y dan lama penyimpanan pada sumbu x . Selanjutnya nilai k yang diperoleh, diterapkan pada persamaan Arrhenius dengan cara mengubah nilai k ke dalam nilai $\ln k$, kemudian nilai $\ln k$ diplotkan sebagai koordinat y dan $1/T$ yaitu satu suhu dalam derajat Kelvin diplotkan pada koordinat x . Nilai *slope* dari persamaan garis lurus tersebut merupakan nilai $-E_a/R$ dalam persamaan Arrhenius dan *intercept*nya berupa nilai k_0 . Sebelumnya nilai *intercept*nya diubah dalam bentuk \ln *intercept* (b /konstanta). Setelah diperoleh nilai \ln *intercept* dan $-E_a/R$, kemudian dimasukkan ke dalam rumus sehingga diperoleh nilai penurunan mutu (k) dari produk dengan umur simpan dalam kemasan tertentu:

$$k = k_0 \cdot \exp^{(E_a/RT)}$$

Keterangan :

- k = konstanta laju penurunan mutu
- k_0 = konstanta (faktor frekuensi yang tidak tergantung suhu)
- E_a = energi aktivasi (kal/mol)
- T = suhu mutlak ($K = C + 273$)
- R = konstanta gas ideal (1,986 kal/mol K)

Kemudian pendugaan umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* dihitung dengan menggunakan persamaan ordo nol dan ordo satu sebagai berikut :

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

Keterangan :

t = umur simpan (hari)

A_t = kadar air kritis (%)

A_0 = kadar air awal (%)

k = laju penurunan mutu (% per hari)

Hasil perhitungan yang didapat diduga sebagai masa tempe tersebut. Parameter

mutu dengan nilai korelasi terbesar (R^2) atau mendekati 1 dipilih untuk

menentukan umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain.

1. Formulasi gliserol dan CMC berpengaruh nyata terhadap tekstur serta berpengaruh sangat nyata terhadap warna, aroma, dan penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*.
2. Metode pengemasan berpengaruh nyata terhadap penerimaan keseluruhan serta berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur dan aroma tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*.
3. Interaksi antara formulasi gliserol dan CMC serta metode pengemasan berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur, warna, aroma, dan penerimaan keseluruhan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film*.
4. Formulasi gliserol 0,25% dan CMC 3% dengan metode pengemasan langsung merupakan kombinasi perlakuan terbaik yang dapat diaplikasikan pada tempe.
5. Umur simpan tempe yang dikemas dengan *biodegradable film* pada formulasi gliserol 0,25% dan CMC 3% dengan metode pengemasan langsung pada parameter mutu kadar air ordo satu adalah 4 hari 22 jam 54 menit pada suhu 17°C, 2 hari 48 menit pada suhu 27°C, dan selama 21 jam 13 menit pada suhu 37°C.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah

1. Menggunakan ampas rumput laut yang memang merupakan produk samping pabrik pengolahan rumput laut agar lebih aplikatif.
2. Mengkaji kembali terkait penentuan mutu pada tempe serta alat yang digunakan dalam perhitungan umur simpan dengan metode ASLT.
3. Melakukan pengujian secara mikrobiologi sehingga dapat mengetahui pengaruh aplikasi kemasan terhadap pertumbuhan mikroorganisme pada tempe.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemistry. Washington DC (US). 684 hlm.
- Laode, A.M. 1998. *Budidaya Rumput Laut*. Kanisius. Yogyakarta. 97 hlm.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 1160 hlm.
- Astuti, N.P. 2009. Sifat Organoleptik Tempe Kedelai yang Dibungkus Plastik, Daun Pisang dan Daun Jati. (Tugas Akhir D3). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 48 hlm.
- Boedeker plastic. 2013. Polyethylene Specification. <http://www.boedeker.com/polyep.htm>. Diakses pada 16 Juni 2019.
- Daemi, H., Rajabi-Zeleti, S., Sardon, H., Barikani, M., Khademhosseini, A., and Baharvand, H. 2016. A robust super-tough biodegradable elastomer engineered by supramolecular ionic interactions. *Biomaterials*. 84 : 54-63.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pengolahan Pangan*. PT. Gramedia. Jakarta. 301 hlm
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment - a global assessment. *GESAMP Reports and Studies Series*. 96 hlm.
- Gontard, N., and Guilbert, S. 1992. *Bio Packaging :Tecnology and Properties Of Edible Biodegradable Material of Agricultural Oringin*. Food Packaging a Preservation. The Aspen Publisher Inc. Gaithersburg, Maryland. 265 hlm.
- Hardjono, Profiyanti, H.S., Dita, A.P., dan Vivi, A.S. 2016. Pengaruh penambahan asam sitrat terhadap karakteristik film plastik biodegradable dari pati kulit pisang kepok (*Musa acuminata balbisiana colla*). *J. Bahan Alam Terbarukan*. 5 (1) : 22-28

- 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. 44 hlm.
- Iflah, Sutrisno, T., dan Sunarti, T.C. 2012. Pengaruh kemasan starch-based plastics (bioplastik) terhadap mutu tomat dan paprika selama penyimpanan dingin. *J. Teknologi Industri Pertanian*. 22(3) : 189-197.
- Khumairoh, U.M. 2016. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Konsentrasi CMC Terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Kusnandar, F. 2004. *Aplikasi Program Komputer sebagai Alat Bantu Penentuan Umur Simpan Produk Pangan Metode Arrhenius*. IPB. Bogor. 14 hlm.
- Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., dan Fitria, M. 2010. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *J. Teknologi Industri Pangan*. 21 (2) : 117-122.
- Kustyawati, M.E., Otik, N., dan Siti, N. 2016. Profile of aroma compounds and acceptability of modified tempeh. *International Food Research Journal*. 24 (2) : 734-740.
- Lastriyanto, A., Komar, N., dan Pratiwi, H. S. 2016. Pendugaan umur simpan pada penyimpanan dingin tempe kedelai (*Glycine max (l.) merill*) dengan pengemasan vakum menggunakan model arrhenius. *J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 4 (1) : 75-86.
- Netty, K. 2010. Pengaruh bahan aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) terhadap beberapa parameter pada larutan sukrosa. *J. Teknik Kimia ITENAS*. 1(1) : 78 -84.
- Ningsih, S. 2010. Optimasi Pembuatan Bioplastik Polihidroksialkanoat Menggunakan Bakteri Mesofilik dan Media Limbah Cair Pabrik Kelapasawit. (Tesis). Jurusan Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan. 89 hlm.
- Nur, M. 2009. Pengaruh cara pengemasan, jenis bahan pengemas, dan lama penyimpanan terhadap sifat kimia, mikrobiologi, dan organoleptik sate bandeng (*Chanos chanos*). *J. Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 14 (1) : 1 – 11.

- Pillay, V., Tsai, T.S., Choonara, Y. E., du Toit, L.C., P. Kumar, G. Modi, D. Naidoo, L. K. Tomar, C. Tyagi and V. M. K. Ndesendo. 2014. A review of integrating electroactive polymers as responsive systems for specialized drug delivery applications. *J. of Biomedical Materials Research Part A*. 102 (6) : 2039-2054.
- Purwanto, Y.A., dan Weliana. 2018. Kualitas tempe kedelai pada berbagai suhu penyimpanan. *J. of Agro-based Industry*. 35 (2) : 106-112.
- Putri, D.D. 2018. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Cmc Terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* dari Limbah Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*). (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 36 hlm.
- Raju, G., Sarkar, P., Singla, E., Singh, H., and Sharma, R.K. 2016. Comparison of environmental sustainability of pharmaceutical packaging. *Perspectives in Science*. 8 : 683-685.
- Rani, H. dan Kalsum, N. 2016. Kajian Proses Pembuatan Edible Film dari Rumput Laut *Gracillaria sp.* dengan Penambahan Gliserol. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian. ISBN 978-602-70530-4-5 : 219-225
- Rizka, P.P.A. dan Juliastuti, S.R. 2013. Pembuatan stirena dari limbah plastik dengan metode pirolisis. *J. Teknik Pomits*. 2 (1) ISSN : 23373539.
- Riyanto, B. dan Wilaksanati, M. 2006. Cookies Berkadar Serat Tinggi Substitusi Tepung Ampas Rumput Laut dari Pengolahan Agar Agar Kertas. Buletin Teknologi Hasil Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 9 hlm.
- Sari, E.N. 2013. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dan Tapioka Terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Ampas Rumput Laut. (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Seruni, I. P. 2018. Optimasi Proses Penyimpanan Tomat Cherry (*Lycopersicum esculentum var.cerasiforme*) dengan Perlakuan *Edible Coating* Pektin Cincau Hijau (*Premna oblongifolia*) dan Penambahan Bubuk Jahe (*Zingiber officinale var.amarum*). (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 58 hlm.
- Sintaria, D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida H₂O dan Tepung Tapioka terhadap Sifat Fisik Kertas Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. (Skripsi). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 41 hlm.

- Sudharsan, K., Mohan, C.C., Babu, P.A.S., Archana, G., Sabina, K., Sivarajan, M., and Sukumar, M. 2016. Production and characterization off cellulose reinforced starch (CRT) Films. *International Journal of Biological Macromolecules*. 83 : 385–395.
- Sukardi, W. dan Purwaningsih, I. 2008. Uji coba penggunaan inokulum tempe dari kapang *Rhizopus oryzae* dengan substrat tepung beras dan ubikayu pada unit produksi tempe sanan kodya malang. *J. Teknologi Pertanian*. 9 (3): 207-215.
- Surono, U.B. 2014. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *J. Teknik Universitas Janabadra*. 3 (1) : 33-34.
- Swamy, J.N., and Singh, B. 2010. *Bioplastics and Global Sustainability*. Society of Plastics Engineers. 41 hlm.
- Tokiwa, Y., and Calabia, B.P. 2008. Biological production of functional chemicals from renewable resources. *Can. J. Chem*. 86 : 548-555.
- Venkatesan J., Anil, S., Kim, S.K., and Shim, M.S. 2016. Seaweed polysaccharide-based nanoparticles : preparation and applications for drug delivery. *Polymers*. 8 (30) : 1–25.
- Wahyuni, S. 2001. Mempelajari Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film dari Gelatin Tulang Domba dengan Plasticizer Gliserol. (Skripsi). Jurusan Ilmu Produksi Ternak. IPB. Bogor. 42 hlm.
- Wekridhany, A., Y. Darni dan D. Agustina. 2012. Pengaruh rasio selulosa/NaOH pada tahap alkanisasi terhadap peningkatan produksi natrium karboksimetilselulosa (Na-CMC) dari residu rumput laut *Eucheuma spinosum*. *J. Penelitian*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Univesirtas Lampung. Bandar Lampung. 1 (3) ISBN 978-602-98559 : 407 – 411.
- Winanti, R., Bintari, S.H., dan Mustikaningtyas, D. 2014. Studi observasi higienitas produk tempe berdasarkan perbedaan metode inokulasi. *Unnes Journal of Life Science*. 3 (1) ISSN 2252-6277 : 39-46.
- Wiratmaja. 2011. Pembuatan etanol generasi kedua dengan memanfaatkan limbah rumput laut *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku. *Ejournal*. <http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/13.%20jurnal-cakram.wiratmaja%20ok.pdf>. Diakses tanggal 09 April 2019.
- Woodruff, M.A. and Hutmacher, D.W. 2010. The return of a forgotten polymer-polycaprolactone in the 21st century. *Progress in Polymer Science*. 35 (10) : 1217-1256.

Zulferiyenni, Marniza., dan Sari, E.N. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik biodegradable film berbasis ampas rumput laut. *J. Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 19 (3) : 264-268.