

**PENGARUH PENAMBAHAN LILIN LEBAH DAN AROMA *BUTTER*  
TERHADAP SIFAT FISIK, MEKANIK DAN SENSORI *EDIBLE FILM***

*The Influence of Addition of Beeswax and Butter Aroma on Physical, Mechanical  
and Sensory of Edible Films*

**PRATIWI HAMSIOHAN**

**G311 13 502**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2019**

**HALAMAN PENGAJUAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN LILIN LEBAH DAN AROMA *BUTTER*  
TERHADAP SIFAT FISIK, MEKANIK DAN SENSORI *EDIBLE FILM***

**Oleh:**

**PRATIWI HAMSIOHAN**

**G311 13 502**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

Departemen Teknologi Pertanian

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2019**

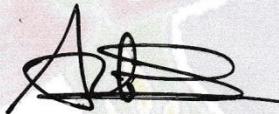
## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Penambahan Lilin Lebah dan Aroma *Butter*  
Terhadap Sifat Fisik, Mekanik dan Sensori *Edible Film*  
Nama : Pratiwi Hamsiohan  
Stambuk : G 311 13 502  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan

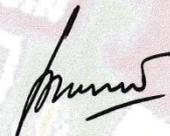
Disetujui  
Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



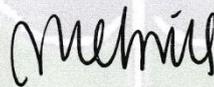
Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si  
NIP. 19770527 200312 1 001



Dr. Ir. Mariyati Bilang, DEA  
NIP. 19540327 198302 2 001

Mengetahui

Ketua Departemen Teknologi  
Pertanian



Prof. Dr. Ir. Hj. Meta Mahendradatta  
NIP. 19660917 199112 2 001

Tanggal Lulus:

**Pratiwi Hamsiohan (G311 13 502). Pengaruh Penambahan Lilin Lebah Dan Aroma Butter Terhadap Sifat Fisik, Mekanik Dan Sensori *Edible Film*. Dibimbing oleh : Adiansyah Syarifuddin dan Mariyati Bilang**

---

**ABSTRAK**

*Edible film* adalah lapisan tipis yang terdiri dari komponen hidrokoloid, lipid dan komposit. Penelitian tentang produksi *edible film* terdiri dari komposit *whey* dangke, pektin, lilin lebah dan penambahan aroma *butter*. Penelitian ini dilakukan dengan menentukan rasio terbaik *edible film whey* dangke dan pektin (1:4 dan 2:3) yang digunakan dalam penelitian utama. Tujuan penelitian utama adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi lilin lebah (0,125% dan 0,825%) dan aroma konsentrasi *butter* (1%) pada sifat fisik dan mekanik dan untuk mengetahui tingkat penerimaan sensori *edible film*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *edible film* dari *whey* dangke dan pektin dengan rasio 1:4 memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik dibandingkan dengan rasio 2:3. Studi utama menunjukkan bahwa konsentrasi lilin lebah dari *edible film* memiliki efek yang signifikan ( $P < 0,05$ ) pada kelarutan air, laju transmisi uap air dan ketebalan tetapi tidak berpengaruh ( $P > 0,05$ ) pada kadar air, kekuatan tarik dan persen pemanjangan. Penambahan konsentrasi aroma pada *edible film* memiliki pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap kadar air, daya larut air, ketebalan dan persen pemanjangan. Atribut penerimaan sensori tertinggi dari *edible film* dengan penambahan aroma *butter* 1% adalah rasa asam, elastis, rasa manis, rasa pahit, rasa asin, intensitas aroma.

Kata kunci: *edible film*, *whey* dangke, pektin, lilin lebah, aroma *butter*, sensori.

**Pratiwi Hamsiohan (G311 13 502). The Influence of Addition of Beeswax and Butter Aroma on Physical, Mechanical and Sensory of Edible Films. Supervised By : Adiansyah Syarifuddin dan Mariyati Bilang**

---

**ABSTRACT**

Edible film is a thin layer composed of hydrocolloid, lipid and composite components. The research on the production of edible film consisted of composite dangke whey, pectin, beeswax and the addition of butter aroma. This research was conducted by determining the best ratio of dangke whey and pectin edible film (1: 4 and 2: 3) which were used in the main study. The main research objective was to determine the effect of beeswax concentration (0.125% and 0.825%) and aroma of butter concentration (1%) on physical and mechanical properties and to know the level of acceptance of sensory edible film. The results showed that the edible film from dangke whey and pectin with a ratio of 1: 4 had good physical and mechanical properties compared to the ratio of 2: 3. The main study showed that the concentration of beeswax of edible film had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on water solubility, water vapor transmission and thickness but had no effect ( $P > 0.05$ ) on water content, tensile strength and elongation. The addition of aroma concentration to the edible film had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on water content, water solubility, thickness and elongation. The highest attribute of sensory reception from edible film with the addition of 1% butter is the acid taste, elastic, sweetness, bitter taste, saltiness, intensity of the aroma.

Keywords : edible film, dangke whey, pectin, beeswax, butter aroma, sensory.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan hidayahNya, maka penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dengan judul “**Pengaruh Penambahan Lilin Lebah dan Aroma *Butter* Terhadap Sifat Fisik, Mekanik dan Sensori *Edible Film*”** yang disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian studi dan meraih gelar sarjana pada program studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Hasanuddin.

Penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP, M.Si** dan **Dr. Ir. Mariyati Bilang, DEA** selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, kritikan, arahan, saran serta motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi ini. Melalui kesempatan ini, penulis tak lupa pula mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ketua Departemen Teknologi Pertanian **Prof. Dr. Ir. Hj. Meta Mahendradatta**, dan ketua program studi Ilmu Dan Teknologi Pangan, bapak **Dr.rer.nat Zainal, S.TP, M.FoodTech** yang banyak membantu selama proses perkuliahan.
2. Staf dosen beserta seluruh pegawai Departemen Teknologi Pertanian yang telah banyak memberikan pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Ketua Panitia Seminar, bapak **Dr. Muhammad Asfar, S.TP, M.Si** atas bantuannya dalam penyelenggaraan seminar proposal dan seminar hasil.
4. Ketua Panitia Ujian Sarjana, bapak **Dr. Andi Dirpan, S.TP, M.Si** atas bantuannya dalam penyelesaian berkas-berkas ujian sarjana.
5. Semua pihak, termasuk Laboran **Ibu Ati, Kak Asmi** dan **Ibu Yuli** serta **Kak Udin** dan **Kak Uni**, yang terlibat dalam membantu penyelesaian skripsi mulai dari awal penelitian hingga skripsi ini selesai ditulis.
6. Kedua orang tua tersayang Alm. **Ayah** dan **Ibu**, saudaraku **Kakak Ani** dan **Kakak Ira**, keponakan tersayang **Feby** dan **Aril** serta keluarga besar yang selalu setia mendoakan, memotivasi dan memberikan bantuan secara moril maupun material, yang selalu menjadi penyemangat saya sampai sekarang dan nanti. Jazakumullahu khairan. Terima kasih banyak.
7. Sahabat-sahabatku, Geng Bureng terlegend dan tersayang **Aisyah Amini Anshari S.TP, Andi Nur Husnayanti Yasin S.TP, Ulfa Muthmainna Alri S.TP** dan anaknya **Andi Arsyala, Darmayanti Haedar S.TP, Nurul Wakiah S.TP, Dwi Multi Maigawarti S.TP, Rifa’atul Mahmudah S.Gz.** Terima kasih telah menemani dan tidak pernah meninggalkan penulis dari awal perkuliahan, penelitian sampai sekarang.

Terima kasih telah mengukir keseruan, kedramaan, kegilaan, dan selalu setia menjadi pendengar atas keluh kesah yang dialami penulis selama hidup dengan kalian. Tiada kesan dunia perkuliahan tanpa kalian disisiku selalu. Lop yu all.

8. Kelompok BMB tersayang **Silvi Sutri Insani S.TP, Kurniati Tajuddin S.TP, Rahma S.TP, Zulfikhar S.TP, Nur Fadilla Rahma Sari S.TP**. Terima kasih sebanyak-banyaknya telah mengukir hari-hari bahagia di semester akhir, yang selalu bikin rusuh dimanapun dan kapanpun, yang menemani saat sulit dan senang dari awal penelitian sampai sekarang. Lop yu all.
9. **Ria Mangalla** tersayang, nama kontaknya pun berubah menjadi edible film setelah menjajaki dunia penelitian, yang selalu sabar menjelaskan ketika diri ini lalod ga ketolongan haha, yang selalu menemani saat sulit dan senang dari penelitian hingga ujian akhir. Thank you for everything ria.
10. Sahabat-sahabat tersayang ukhti **Ira**, ukhti **Ida**, ukhti **Arni**. Terima kasih karena telah menemani dan mendukung sepenuhnya selama penelitian sampai sekarang serta tidak pernah bosan mengingatkan dalam kebaikan dunia dan akhirat. Jazakumullahu khairan.
11. Teman-teman seperjuangan **Teknologi Pertanian (Rantai) 2013** khususnya teman-teman di **Ilmu dan Teknologi Pangan 2013**, kalian yang hampir setiap hari kulihat melebihi keluargaku sendiri, dari awal perkuliahan, di saat penelitian, hingga ujian akhir yang telah banyak memberikan warna warni baru dalam kehidupan mahasiswi rantau ini. Thank you so much.
12. Teman-teman **B-Telkom** Elektro, kalian yang pernah menjadi bagian dari *unforgettable moment* selama dua semester kuliah yang tidak pernah melupakan penulis sampai sekarang. Terima kasih banyak

Penulis menyadari bahwa tiada gading yang tak retak, tidak ada manusia yang sempurna, begitu pula dengan skripsi ini yang masih memiliki sejumlah kekurangan dan mungkin jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik demi perbaikan skripsi ini ke depannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan terkhusus kepada penulis, Aamiin.

Makassar, Januari 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP



Pratiwi Hamsiohan lahir di Pinrang, 31 Januari 1994. Pratiwi merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan M. Hamsiohan dan Agus B. Pendidikan formal yang pernah dijalani adalah:

1. Sekolah Dasar Negeri 11, Kab. Pinrang 2000 – 2006
2. SMP Negeri 1, Kab. Pinrang 2006 – 2009
3. SMA Negeri 1, Kab. Pinrang 2009 – 2012
4. Tahun 2013 penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri

Universitas Hasanuddin Program Strata Satu (S1) dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis cukup aktif dalam bidang akademik maupun organisasi. Penulis aktif dalam mengikuti kegiatan lomba karya tulis dan lomba fotografi, seperti MIPA untuk Negeri Universitas Indonesia, Fisheries Expo HIMAPIKANI Universitas Brawijaya, Mechanical Weekend of Teknologi Poltek Semarang, Java Business Competition Universitas Telkom, PEKSIMIDA Fotografi Mahasiswa Sulsel-bar, Gebrakan Aksi Nalar Pemuda Indonesia Universitas Brawijaya, Medan National Conference Paper Competition, European Union Internship Award. Tahun 2015 penulis juga terpilih dalam Program Hibah Bina Desa oleh Kemenristek. Tahun 2016 penulis mengikuti Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Nasional di Politeknik Negeri Sriwijaya. Tahun 2017 penulis sebagai Participant Agent Inovator Daerah 3T. Tahun 2018 penulis menerbitkan tulisan di buku Antologi Karya Esai “Inovasi untuk Indonesia” dan mengikuti lomba fotografi nasional “Kepemudaan untuk Indonesia”. Selama masa Perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten untuk praktikum “Aplikasi Teknologi Laboratorium” pada tahun 2015, sedangkan dalam bidang organisasi penulis berperan sebagai anggota unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah Unhas, anggota unit Kegiatan Mahasiswa Fotografi Unhas, member Australia Indonesia Association.

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 <i>Edible Film</i> .....	4
II.2 <i>Whey Dangka</i> .....	6
II.3 Pektin .....	7
II.4 Lilin Lebah ( <i>Beeswax</i> ).....	9
II.5 Gliserol.....	11
II.6 Span 80 (Sorbitan Monoleat) dan Tween 80 (Polysorbate).....	13
II.7 Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i> .....	16
II.8 Flavor .....	19
II.9 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
III.2 Alat dan Bahan .....	21
III.3 Prosedur Penelitian.....	21
III.4 Desain Penelitian .....	22
III.5 Rancangan Penelitian .....	25
III.6 Parameter Pengamatan .....	25
III.6.1 Ketebalan .....	25
III.6.2 Kadar Air.....	25
III.6.3 Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan .....	26

	Halaman
III.6.4 Laju Transmisi Uap Air .....	26
III.6.5 Daya Larut Air .....	26
III.6.6 Pengamatan Sensori .....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>28</b>
IV.1 Perlakuan Terbaik Rasio <i>Edible Film Whey</i> Dangke dan Pektin .....	28
IV.2 Sifat Fisik, Mekanik dan Pengamatan Sensori <i>Edible Film</i> .....	29
IV.2.1 Kadar Air.....	29
IV.2.2 Daya Larut Air .....	30
IV.2.3 Laju Transmisi Uap Air .....	32
IV.2.4 Ketebalan.....	33
IV.2.5 Kuat Tarik .....	35
IV.2.6 Persen Pemanjangan.....	36
IV.2.7 Pengamatan Sensori .....	37
<b>V. PENUTUP</b> .....	<b>40</b>
V. 1 Kesimpulan.....	40
V. 2 Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>46</b>

## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Karakteristik <i>Whey</i> Dangke .....	6
2.	Uraian Span 80.....	14
3.	Uraian Tween 80.....	15
4.	Rekapitulasi Analisis Ragam Terhadap Sifat Fisik Mekanik <i>Edible Film</i> .....	29

## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Rantai Molekul Pektin.....	7
2.	Rumus Kimia Lilin Lebah .....	9
3.	Struktur Gliserol .....	12
4.	Struktur Kimia Span 80 (Sorbitan Monoleat).....	14
5.	Struktur Kimia Tween 80 (Polysorbate).....	16
6.	Diagram Alir Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Lilin Lebah .....	23
7.	Diagram Alir Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Penambahan Lilin Aroma <i>Butter</i> .....	24
8.	Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Kadar Air (%) .....	29
9.	Pengaruh Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Kadar Air (%) .....	30
10.	Pengaruh Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Daya Larut Air (%) ..	31
11.	Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ).....	32
12.	Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Ketebalan (mm) .....	34
13.	Pengaruh Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Ketebalan (mm).....	34
14.	Pengaruh Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Persen Pemanjangan (%).....	37
15.	(A) Biplot PCA <i>Edible Film</i> Penambahan Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> pada Berbagai Konsentrasi. (B) Biplot PCA Hubungan Sifat Fisik Mekanik dan Sensori .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Perolehan Nilai Kadar Air (%) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	46
1a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Kadar Air (%).....	46
1b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Kadar Air (%) .....	46
1c.	Analisa Sidik Ragam Kadar Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	47
1d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Kadar Air (%) .....	47
1e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Kadar Air (%).....	47
2.	Perolehan Nilai Daya Larut Air (%) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	48
2a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Daya Larut Air (%) .....	48
2b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Daya Larut Air (%) .....	48
2c.	Analisa Sidik Ragam Daya Larut Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	49
2d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Daya Larut Air (%).....	49
2e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Daya Larut Air (%) .....	49
3.	Perolehan Nilai Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	50
3a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ).....	50
3b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ).....	50
3c.	Analisa Sidik Ragam Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	50

No.	Teks	Halaman
3d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ).....	51
3e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m <sup>2</sup> ) .....	51
4.	Perolehan Nilai Ketebalan (mm) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	51
4a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Ketebalan (mm).....	52
4b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Ketebalan (mm).....	52
4c.	Analisa Sidik Ragam Ketebalan (mm) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	52
4d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Ketebalan (mm).....	52
4e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Ketebalan (mm).....	53
5.	Perolehan Nilai Kuat Tarik (MPa) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	53
5a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Kuat Tarik (MPa).....	53
5b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Kuat Tarik (MPa) .....	53
5c.	Analisa Sidik Ragam Kuat Tarik (MPa) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	54
5d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Kuat Tarik (MPa) .....	54
5e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Kuat Tarik (MPa) .....	54
6.	Perolehan Nilai Persen Pemanjangan (%) dengan Penambahan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> .....	55

No.	Teks	Halaman
6a.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Persen Pemanjangan (%).....	55
6b.	Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Persen Pemanjangan (%).....	55
6c.	Analisa Sidik Ragam Persen Pemanjangan (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma <i>Butter</i> .....	55
6d.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Konsentrasi Lilin Lebah Terhadap Persen Pemanjangan (%).....	56
6e.	Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma <i>Butter</i> Terhadap Persen Pemanjangan (%).....	56
7.	Gambar Parameter Penelitian .....	57
8.	Sample <i>Edible Film</i> .....	59

## I. PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Pengemasan produk pangan adalah suatu proses pembungkusan dengan bahan pengemas yang sesuai untuk mempertahankan dan melindungi makanan hingga ke tangan konsumen. Pengemasan yang dinilai dapat menjamin keamanan produk pangan yaitu kemasan biodegradable. *Edible film* merupakan suatu kemasan makanan atau lapis tipis yang melapisi bahan pangan yang layak dikonsumsi. *Edible film* juga sebagai penghalang rusaknya kualitas makanan yang diakibatkan oleh faktor kelembaban, oksigen, karbon dioksida, jamur, yang disebabkan oleh kontak antara produk dengan atmosfer (Marcuzzo, Sensidoni, Debeaufort dan Voilley, 2010). Bahan penyusun *edible film* dapat diperoleh dari hidrokoloid (protein, polisakarida, alginat), lipid (asam lemak, asil gliserol, *wax* atau lilin) dan komposit (campuran hidrokoloid dan lipid) (Bourtoom, 2009).

*Whey* dangeke merupakan bagian air atau serum dari hasil koagulasi susu pada pembuatan dangeke yang disebabkan oleh penambahan enzim sehingga menghasilkan produk samping sebagai *whey*. Pemanfaatan *whey* dangeke belum dilakukan secara maksimal. Namun, diketahui bahwa *whey* mengandung nutrisi diantaranya adalah laktosa (gula susu), protein, mineral, abu dan lemak (Scott, 1986). Nilai gizi yang terdapat pada *whey* dangeke menjadi landasan untuk dimanfaatkan dan diolah menjadi produk yang lain. Salah satu upaya dalam pemanfaatan *whey* dangeke yaitu digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan *edible film*. *Edible film* yang dihasilkan dari protein *whey* memiliki sifat fisik yakni transparan, tidak memiliki bau, tidak berwarna dan memiliki kemampuan menahan aroma dari produk pangan yang dilapisi (Awwaly, dkk., 2010).

Pektin merupakan polisakarida kompleks yang bersifat asam tersusun dari asam poligalakturonat. Pektin terdistribusi secara luas dalam jaringan tanaman pada dinding sel primer khususnya di antara selulosa dan hemiselulosa (Hasbullah, 2011). Pemanfaatan pektin dengan konsentrasi tertentu berpengaruh terhadap pembentukan gel dengan tingkat kekenyalan dan kekuatan tertentu (Chang dan Miyamoto, 1992). Secara fisik, peningkatan jumlah pektin akan membentuk *film* yang tebal dan rapat sehingga mengurangi laju transmisi uap air karena sulit untuk ditembus uap air (Liu. Z. dan J. H. Han., 2005).

Pemanfaatan *edible film* dari bahan utama yaitu *whey* dangeke dan pektin memiliki kelebihan menahan aroma pada produk pangan, mengurangi laju transmisi uap air, meningkatkan kesatuan struktur *film* yakni tebal dan rapat, selektif terhadap oksigen dan karbondioksida, penampilan tidak berminyak. Namun, sifat hidrofilik pada *film* yang

dihasilkan memiliki kelemahan yaitu mempunyai elastisitas yang rendah, resistensi terhadap air rendah, sifat penghalang terhadap uap air juga rendah sehingga dapat memengaruhi stabilitas dan sifat mekanis *film*. Rendahnya stabilitas *film* akan memperpendek daya simpan sehingga kurang optimal karena uap air dan mikroba yang masuk melalui *film* akan merusak bahan pangan. Peningkatan karakteristik fisik maupun fungsional dari *film*, perlu dilakukan penambahan biopolimer atau bahan lain, antara lain bahan yang bersifat hidrofobik salah satunya lilin lebah.

Pembuatan *edible film* berbasis *whey* dangke dan pektin sebagai komponen hidrofilik akan meningkatkan permeabilitas uap air yang tinggi dan kurang fleksibel. Untuk mengurangi sifat hidrofil pada *film* yang dihasilkan maka digunakan senyawa hidrofob sehingga diharapkan dapat menurunkan laju transmisi uap air dan daya larut air pada film, mempertahankan aroma pada permukaan produk pangan serta mengurangi transfer uap air. Senyawa hidrofobik yang digunakan adalah lilin lebah. Lilin lebah merupakan komponen lipid yang diperoleh dari perasan madu yang dimasak kemudian disaring sehingga diperoleh lilin. Aplikasi lilin lebah pada *edible film* mampu mengurangi permeabilitas uap air, meningkatkan kekuatan tarik dan memelihara sifat transparansi *film* (Anker, dkk., 2002). Penambahan aroma yang berasosiasi dengan asin dan manis pada *film whey* dangke/pektin dengan lilin lebah dapat meningkatkan nilai sensori. *Edible film* dengan penambahan aroma *butter* dapat meningkatkan persepsi rasa dan memberikan penerimaan sensori yang tinggi pada *film* tersebut. Kedepannya, *edible film* dapat dimanfaatkan dalam proses flavoring produk pangan tanpa menambahkan senyawa aroma dalam jumlah banyak. Selain itu, dapat digunakan sebagai kemasan primer untuk menyalut produk pangan rendah garam dan gula. Namun, beberapa aroma memiliki komponen volatil dalam jumlah yang banyak. Perbedaan komponen-komponen volatil pada aroma akan menentukan flavor pada *edible film* yang secara langsung akan mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan lilin lebah dan aroma *butter* pada *edible film* sehingga meningkatkan nilai hidrofob yaitu menurunkan laju transmisi uap air serta mampu mengidentifikasi penerimaan sensori pada *edible film*.

## **I.2. Rumusan Masalah**

Pemanfaatan *whey* dangke dan pektin sebagai komponen hidrofilik merupakan bahan dasar pembuatan *edible film* yang belum banyak dilakukan oleh masyarakat maupun industri. *Whey* dangke/pektin yang bersifat sebagai hidrofilik yaitu dapat berikatan dengan

molekul hidrogen akan menghasilkan *film* dengan permeabilitas uap air yang tinggi dan kurang fleksibel maka diperlukan penambahan senyawa hidrofobik yaitu lilin lebah sifatnya tidak berikatan dengan molekul hidrogen sehingga efektif sebagai *barrier* terhadap uap air, fleksibel dan menjaga aroma yang akan di hasilkan pada permukaan produk pangan. Disisi lain, *edible film* dengan penambahan aroma *butter* memiliki komponen-komponen volatil dengan jumlah yang banyak dan menentukan flavor pada *film* sehingga perlu mengetahui tingkat penerimaan sensori konsumen dari *film* tersebut.

### **I.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap sifat fisik, mekanik *film* dari *edible film*.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi aroma *butter* terhadap sifat fisik, mekanik dari *edible film*.
3. Mengetahui tingkat penerimaan sensori dari *edible film*.

Kegunaan pada penelitian ini adalah dapat memberikan referensi dan informasi terbaru yang dapat dijadikan acuan bagi masyarakat maupun industri terkait dengan sifat fisik, mekanik dan penerimaan sensori pada *edible film*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1. *Edible film*

*Edible film* adalah suatu lapisan yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat dikonsumsi dan dibentuk di atas komponen makanan (*coating*) atau diletakkan diantara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai penghalang transfer massa seperti kelembaban, oksigen, lipid, dan zat terlarut, dan atau sebagai pembawa bahan makanan aditif, serta meningkatkan kemudahan penanganan makanan (Krochta, 1992). *Edible packaging* pada bahan pangan pada dasarnya dibagi 3 jenis bentuk yaitu *edible film*, *edible coating*, dan enkapsulasi. Hal yang membedakan *edible film* dan *edible coating* adalah cara pengaplikasiannya (Christina, 2008). *Edible film* adalah lapisan tipis yang tersusun dari bahan yang bisa dikonsumsi. *Edible film* memiliki potensi untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas dari bahan pangan dengan tidak merubah aroma, rasa, tekstur, dan penampilan (Embuscado dan Huber, 2009; Kusumawati dan Putri, 2013). Kelebihan *edible film* dibanding pengemas plastik yang umum digunakan adalah melindungi produk pangan, penampilan asli produk dapat dipertahankan, dapat langsung dimakan dan aman bagi lingkungan (Kinzel,1992).

Salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *edible film* ini yaitu pati yang termasuk kelompok hidrokoloid, yang merupakan bahan yang mudah didapat, harganya murah, serta jenisnya beragam di Indonesia. Beberapa penelitian terdahulu tentang *edible film* yaitu *edible film* berbahan pati sorgum (Darni dan Utami, 2010). Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid dapat berupa protein (kolagen, gelatin, protein susu, protein whey, protein kacang kedelai, protein jagung, dan protein gandum), polisakarida (pati, sodium, alginat, dan karagenan). Kelompok lipida terdiri dari gliserol, lilin/*wax* dan yang lainnya (Al Awwaly, dkk., 2010; Yulianti dan Ginting, 2012).

*Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid mempunyai beberapa kelebihan, di antaranya baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid, meningkatkan kesatuan struktural produk, dan memiliki sifat mekanis yang diinginkan. Adapun kekurangannya yaitu *film* dari karbohidrat kurang bagus digunakan untuk mengatur migrasi uap air, dan *film* dari protein biasanya sangat dipengaruhi oleh perubahan pH. *Edible film* dari lipid mempunyai kelebihan yaitu baik digunakan untuk melindungi produk dari penguapan air atau sebagai bahan pelapis untuk mengoles produk

konfeksioneri. Sedangkan kekurangannya yaitu kegunaannya dalam bentuk murni sebagai film terbatas, karena integritas dan ketahanannya rendah. *Edible film* dari komposit (gabungan hidrokoloid dan lipid) dapat meningkatkan kelebihan dari *edible film* hidrokoloid dan lipid, serta mengurangi kelemahannya (Downhowe dan Fennema, 1994).

Fungsi dari penampilan *edible film* bergantung pada sifat mekaniknya yang ditentukan oleh komposisi bahan di samping proses pembuatan dan metode aplikasinya (Rodriguez, 2006). Bahan polimer penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kategori yaitu hidrokoloid, lemak dan komposit yang terbuat dari hidrokoloid dan lemak. Salah satu bahan *edible film* dari golongan hidrokoloid adalah polisakarida yang memiliki beberapa kelebihan, diantaranya selektif terhadap oksigen dan karbondioksida, penampilan tidak berminyak dan kandungan kalorinya rendah. Diantara jenis polisakarida, pati merupakan bahan baku yang potensial untuk pembuatan *edible film* dengan karakteristik fisik yang mirip dengan plastik (Yulianti dan Ginting, 2012).

Sifat fisik yang menentukan kualitas *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan (*elongation*) dan kuat tarik (*tensile strength*). Ketebalan merupakan parameter yang sangat penting karena berpengaruh terhadap tujuan penggunaannya untuk mengemas atau melapisi produk. Nilai ketebalan disebabkan oleh sifat gliserol dan pati yang sama-sama bersifat hidrofilik sehingga mengikat lebih banyak air yang akan menguap setelah proses pengovenan (Trilaksani dkk., 2007). Ketebalan akan mempengaruhi laju transmisi uap air dan gas sehingga mempengaruhi produk yang dikemas. Semakin tinggi nilai ketebalannya, maka sifat dari *edible film* yang dihasilkan akan semakin kaku dan keras serta dengan produk yang dikemas akan semakin aman dari pengaruh luar. Ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan dan banyaknya total padatan dalam larutan (Jacoeb, 2014).

*Edible film* memiliki kelemahan yaitu bersifat rapuh, mudah patah dan tidak lentur. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan menambahkan *plasticizer* antara lain dengan menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer penyusunnya. *Plasticizer* yang biasa digunakan adalah monosakarida (glukosa), disakarida (sukrosa), oligosakarida, poliolis (gliserol, gliserin, sorbitol, polyetilen glikol) dan lemak serta turunannya. Gliserin merupakan salah satu *plasticizer* yang telah banyak digunakan pada pembuatan *edible film*. Salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserin. Gliserin cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis film karena memiliki berat molekul yang kecil (Huri, dkk., 2014).

## II.2. *Whey* Dangke

*Whey* dangke merupakan hasil samping pengolahan dangke. *Whey* dangke belum dimanfaatkan maksimal dalam industri pengolahan dangke. Umumnya *whey* dangke ini hanya dijadikan sebagai pakan ternak. Ditinjau dari nilai gizinya, *whey* masih bisa dimanfaatkan atau diolah menjadi produk yang bernilai. *Whey* mengandung laktosa, persenyawaan nitrogen (protein, peptida, dan asam amino), abu dan lemak (Qurnaldy, 2015). *Whey* dangke merupakan produk samping dari industri pembuatan dangke berupa cairan bening berwarna kuning kehijauan yang diperoleh dari penyaringan dan pengepresan curd selama proses pembuatan dangke (Nurliyani, 2010). *Edible film* dengan penambahan *whey* dangke saja tidak menghasilkan karakteristik yang baik, seperti tidak transparan, mudah rapuh dan tidak fleksibel. Karakteristik *edible film* berbahan protein *whey* adalah transparan, fleksibel dan tidak mudah rapuh (Gounga, 2007).

*Whey* mengandung sejumlah zat gizi seperti protein dan laktosa. Setiap produksi 1 kilogram keju dari 10 liter susu akan dihasilkan 8-9 liter *whey* (Jenie dan Rahayu, 1993). Potensi pangan dan energi *whey* akan hilang apabila tidak dimanfaatkan, mengingat *whey* mengandung sekitar 55% total nutrisi dari susu (Vinderola, dkk., 2000). Disamping itu, pembuangan *whey* ke lingkungan dapat menyebabkan polusi lingkungan sekitar karena *whey* dapat menyebabkan pengaruh kuat terhadap lingkungan (Almeida, dkk., 2008). Pengolahan *whey* dibutuhkan sebagai solusi terhadap pencegahan pencemaran lingkungan dan sekaligus dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesehatan manusia (Staszewski dan Jagus, 2008). Karakteristik *whey* dangke dari produk samping pengolahan dangke susu sapi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *Whey* Dangke

Komponen	Nilai
Total Padatan (%)	6,95 ± 0,23
Asam Laktat (%)	0,1 ± 0,003
Lemak (%)	0,2 ± 0,05
Protein (%)	0,63 ± 0,009
Laktosa (%)	5,08 ± 0,009
pH (%)	6,31 ± 0,01
Viskositas (poise)	0,19 ± 0,004

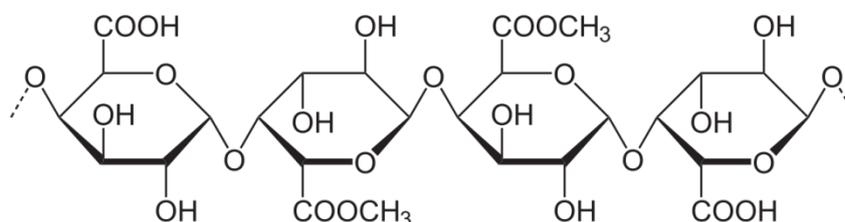
Sumber : Fatma, (2012)

Protein *whey* merupakan salah satu bahan pembentuk *edible film* yang umumnya diperoleh dari hasil samping pembuatan keju (Javamard, 2009). *Edible film* dari protein *whey* memiliki sifat yang baik sebagai pengemas yakni film yang terbentuk transparan,

lunak, tidak memiliki bau, tidak berwarna dan memiliki kemampuan menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya (Awwaly, dkk., 2010). Pembuangan *whey* ke lingkungan dapat menyebabkan polusi lingkungan sekitar karena *whey* dapat menyebabkan pengaruh kuat terhadap lingkungan (Almeida, dkk., 2008). Pengolahan *whey* dibutuhkan sebagai solusi terhadap pencegahan pencemaran lingkungan dan sekaligus dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesehatan manusia (Staszewski dan Jagus, 2008).

### II.3. Pektin

Istilah pektin berasal dari bahasa Yunani yang berarti mengental atau menjadi padat. Kelompok senyawa pektin secara umum disebut substansi pektat yang terdiri atas Gam protopektin, asam pektinat, dan asam pektat. Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan -1,4 glikosidik. Asam D-galakturonat memiliki struktur yang sama seperti struktur D-galaktosa, perbedaannya terletak pada gugus alkohol primer C-6 yang memiliki gugus karboksilat (O'Neill, dkk., 2000). Asam pektat tersusun dari asam poligalakturonat yang tidak mengalami esterifikasi (Haryati, 2006). Rantai molukul pektin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rantai molekul Pektin

Pektin merupakan suatu kelompok heterogen polisakarida asam terkonsentrasi di lamella tengah dinding sel tanaman yang berperan terhadap gel, stabilisasi emulsi dan pengiriman serat gizi. Pektin terbentuk oleh satuan gula dan asam galakturonat yang lebih banyak dibandingkan gula sederhana, biasanya terdapat pada buah dan sayuran. Satuan asam galakturonat dapat diesterifikasi dengan metanol, yang dapat mempengaruhi sifat-sifat pektin menjadi metoksil tinggi maupun metoksil rendah (Vasco, Correa dan Zapata, 2017). Pektin terdapat dalam dinding sel primer tanaman, khususnya di sela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Pektin berbentuk serbuk kasar maupun halus, berwarna putih kekuningan, tidak berbau dan memiliki rasa seperti lendir (Glicksman, 1969).

Pektin terdiri atas tiga unsur, antara lain protopektin, asam pektinat dan asam pektat. Kelompok enzim yang termasuk dalam perubahan pektin adalah protopektinase, pektase (pektin metilesterase) dan poligalakturonase (Pardede, 2013). Komposisi kandungan protopektin, pektin dan asam pektat dalam buah sangat bervariasi dan

tergantung pada derajat kematangan buah. Protopektin umumnya bersifat tidak larut air dan lebih banyak terdapat pada buah-buahan yang belum matang (Winarno, 2002). Pektin yang bermetoksil rendah adalah asam pektinat yang sebagian besar gugus karboksilnya bebas tidak teresterkan dan dapat membentuk gel dengan adanya kation polivalen serta tidak memerlukan gula dan asam (Winarno, 2002).

Pektin adalah substansi alami yang terdapat pada sebagian besar tanaman pangan. Selain sebagai elemen struktural pada pertumbuhan jaringan dan komponen utama dari lamella tengah pada tanaman, pektin juga berperan sebagai perekat dan menjaga stabilitas jaringan dan sel. Pektin merupakan senyawa polisakarida dengan bobot molekul tinggi yang banyak terdapat pada tumbuhan. Pektin digunakan sebagai pembentuk gel dan pengental dalam pembuatan jelly, marmalade, makanan rendah kalori dan dalam bidang farmasi digunakan sebagai obat diare (Winarno, 2007). Konsentrasi pektin berpengaruh terhadap pembentukan gel dengan tingkat kekenyalan dan kekuatan tertentu (Sahari, M.A., A. Akbarian dan M. Hamedi, 2002).

Pektin yang mempunyai kadar metoksil tinggi larut dalam air dingin, sedangkan pektin dengan kadar metoksil rendah larut dalam alkali dan asam oksalat. Umumnya kelarutan pektin meningkat dengan meningkatnya kandungan metil ester atau dengan menurunnya berat molekul. Selain itu, pH, temperatur, konsentrasi garam dan kandungan gula juga mempengaruhi kelarutan pektin. Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas. Larutan satu persen pektin yang tidak ternetralisasi akan memberikan pH 2,7-3,0. Larutan pektin stabil pada pH 2-4. Pada pH 2-4, viskositas dan kekuatan gelnya menurun disebabkan oleh depolimerisasi pada pektin. Sedangkan pada kondisi basa, pektin dapat mengalami sponifikasi dan degradasi melalui reaksi  $\beta$ -eliminasi (Vina, F., 2003).

Pektin merupakan zat berbentuk serbuk kasar hingga halus yang berwarna putih kekuningan, tidak berbau, dan memiliki rasa seperti lendir (Badan Standar Nasional Indonesia, 2003). Pektin kering yang telah dimurnikan berupa kristal yang berwarna putih dengan kelarutan yang berbeda-beda sesuai dengan kandungan metoksilnya. Pektin yang mempunyai kadar metoksil tinggi larut dalam air dingin sedangkan pektin bermetoksil rendah larut dalam alkali dan asam oksalat (Glicksman, 1969). Kelarutan pektin dalam air ditentukan oleh jumlah gugus metoksil, distribusinya, dan bobot molekulnya (Christensen, 1973). Secara umum, kelarutan akan meningkat dengan menurunnya bobot molekul dan meningkatnya gugus metil ester. Namun pH, suhu, jenis pektin, garam, dan adanya zat organik seperti gula juga mempengaruhi kelarutan pektin. Sifat-sifat fisis seperti kelarutan,

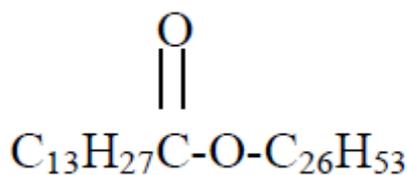
viskositas, dan kemampuan membentuk gel bergantung pada ciri kimia pektin seperti derajat esterifikasi, bobot molekul, ditambah dengan senyawa kimia yang merupakan bagian dari molekul pektin (Nelson, dkk., 1977).

#### II.4. Lilin Lebah (*Beeswax*)

Lilin lebah diperoleh dengan merebus sarang lebah pada suhu 65 oC, lilin lebah akan mengapung di permukaan air. Kemudian lilin lebah tersebut dipindahkan pada wadah perebus lain dan direbus lagi pada suhu 90°C dan didinginkan sehingga diperoleh lilin lebah yang lebih murni dan bersih (Selvita, 2011).

Lilin sarang lebah berasal dari sarang lebah yang mengandung 50% senyawa resin (flavonoid dan asam fenolat), 30% lilin lebah, 10% minyak aromatic, 5% polen dan 5% berfungsi sebagai senyawa aromatic (Pietta, 2002). Lilin sarang lebah mengandung senyawa organik hidrokarbon jenuh, ester dan alkohol. Sarang lebah Penggunaan lilin sarang lebah pada dendeng sapi giling dapat dilakukan dengan cara melapisi (coating) dendeng dengan lilin sarang lebah. Sarang lebah mengandung senyawa flavonoid yang berguna sebagai antimikroba yang dapat menghambat mikroorganisme patogen (Manoi, 2009).

Lemak yang umum digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah lilin alami (*besswax, carnauba wax, paraffin wax*), asli gliserol, asam lemak (asam oleat dan asam laurat), serta emulsifier. Lilin lebah dapat mempengaruhi karakteristik *edible film* yaitu ketebalan film, semakin meningkatnya konsentrasi lilin lebah maka *edible film* semakin tebal, hal ini terjadi karena terbentuknya jaringan kristal lilin lebah pada matriks film sehingga ketebalan film bertambah (Balwin dkk., 1997; Harris, 1999; Layuk dkk., 2002). Laju transmisi uap air akan menurun dengan meningkatnya sifat hidrofobik. Lipid merupakan komponen yang paling efektif sebagai barier terhadap uap air, oleh karena itu perlu penambahan komponen lipid dalam *edible film* karena lilin lebah membentuk jaringan kristal sehingga dapat berfungsi sebagai penghalang terhadap uap air (Deberaufort dkk., 1993). Rumus kimia lilin lebah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rumus kimia lilin lebah

Lilin lebah merupakan lilin yang kompleks dibentuk dari campuran beberapa komponen meliputi hidrokarbon 14%, monoester 35%, diester 14%, triester 3%, hidroksi monoester 4%, hidroksi poliester 8%, asam ester 1%, asam poliester 2%, asam bebas, alkohol bebas 1%, dan 6% sisanya tidak diketahui. Komponen utama dari lilin lebah adalah palmitat, palmitoleat, hidroksi palmitat dan ester oleat yang berantai panjang (C30-C32) dari alkohol aliphatic. Perbandingan triacontanil palmitat ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{29}\text{O-CO-(CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ ) dengan asam serotik ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$ ), yaitu 6:1 (Pietta, 2002)

Lilin lebah ini berada dalam bentuk triester dan diester. Sebagai senyawa tersier, lilin lebah merupakan ester dari asam lemak berantai panjang dengan alkohol berantai panjang (*sterol/fatty alcohol*) dan asam hidroksilat, berupa senyawa diester dari alkanadiol atau asam hidroksilat (Kalattukudy, 1976 dalam Rozaq, M. A. 2011).

Titik lebur lilin lebah murni berkisar antara 61-69°C (142-156°F), indeks refraksinya 1,44. Tahanan dielektrisnya 2,9 dan berat jenis pada suhu 20°C adalah 0,96 lebih ringan dari air. Tidak larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol dingin. Benzen chloroform, karbon disulfida, eter dan beberapa minyak yang mudah menguap melarutkan lilin lebah. Bau dan rasanya khas dan terbakar dengan nyala kuning bersih dan mengeluarkan aroma unik. Lilin lebah sering terkontaminasi dengan sedikit polen, propolis, dan madu yang meningkatkan berat jenis dan warnanya (Sihombing, 1992).

Lilin lebah didefinisikan sebagai ester dari asam lemak dengan alkohol monohidrat dengan berat molekul tinggi. Ini dibedakan dari lemak yang merupakan ester dari asam lemak dengan alkohol trihidrat (biasanya gliserol) dengan berat molekul rendah (Greene, 1999). Lilin Lebah juga sebagai komponen aditif makanan resmi di Uni Eropa, yang diizinkan sebagai agen kaca pada kembang gula (tidak termasuk coklat), produk kecil dari barang roti halus yang dilapisi dengan coklat, makanan ringan, kacang-kacangan dan biji kopi dan hanya untuk perawatan permukaan buah tertentu (segar buah jeruk, melon, apel, pir, persik dan nanas). Hal ini juga diizinkan dalam suplemen makanan dan sebagai pembawa warna. Lilin lebah adalah campuran kompleks monoester linier dan tidak jenuh dan kompleks tak jenuh, hidrokarbon, asam lemak bebas, alkohol lemak bebas, dan zat ringan lainnya yang diproduksi oleh lebah pekerja (Hargrove, J.L., dkk., 2004). Penambahan asam lemak 0,25% merupakan penambahan yang paling optimal, karena film menjadi tidak mudah robek. Peningkatan asam lemak yang lebih tinggi dari 0,25% cenderung menurunkan nilai kuat tarik film, akibat suatu pengaruh gaya ikatan yang disebut efek anti plasticizer. Penambahan lilin lebah 0,125% menyebabkan penurunan laju transmisi uap air film yang dibuat dibanding film yang tidak ditambahkan komponen

hidrofobik (kontrol), tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi tidak menurunkan laju transmisi uap air. Hal ini terjadi karena pada penambahan 0,25% dan konsentrasi tinggi terjadi pemisahan lilin lebah pada saat pendinginan, sehingga permukaan film yang dihasilkan tidak rata dan terbentuk pori-pori yang mengakibatkan film edibel menjadi lebih porous (Kusbianto, Bram, dkk. 2011).

Lilin lebah adalah campuran kompleks monoester linier dan tidak jenuh dan kompleks tak jenuh, hidrokarbon, asam lemak bebas, alkohol lemak bebas dan zat eksogen kecil lainnya (Aichholz dan Lorbeer, 1999). Lebih dari 300 komponen individu telah dilaporkan dalam lilin lebah dari berbagai jenis lebah madu (Tulloch, 1980). Kandungan total monoester 27 sampai 40%, 9 sampai 23% hydroxymonoesters, 7 sampai 16% diester, 3,9% hydroxydiesters, 11 sampai 28% hidrokarbon, 1 sampai 18% asam lemak bebas jenuh dan tidak bercabang, 4 sampai 8% zat lainnya dan <0.3% alkohol lemak bebas telah dilaporkan dalam lilin lebah dari berbagai spesies lebah (Aichholz dan Lorbeer, 1999).

Pencegahan terhadap pembusukan buah dapat diperkecil dengan cara penyalutan permukaan sama seperti permukaan buah alami yang mengandung lilin dimana lilin tersebut merupakan penghalang yang baik untuk uap air. Penyalutan permukaan mengurangi laju penguapan air dari permukaan buah dan dengan demikian memperlambat kehilangan berta yang dapat dijual. Pada banyak buah, ini juga bisa memperlambat kehilangan air buah dan serangan awal layu yang dapat dilihat, yang melindungi hasil bumi dari kehilangan nilai karena penurunan kualitas. Kecendrungan kehilangan air bisa ditandai dengan kehilangan berat segar dalam kondisi standar (Lopez, 1975 dalam Rozaq M.A. 2011).

## **II.5. Gliserol**

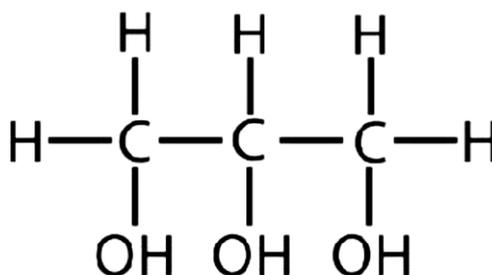
Plastisizer adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Ward dan Hadley, 1993; Ferry, 1980). Plasticizer yang umum digunakan dalam film polisakarida antara lain gliserol, sorbitol, xylitol, mannitol, polietilen glikol (dengan bobot molekul 400-8000), etilen glikol, dan propilen glikol. Secara umum plasticizer dibutuhkan sekitar 10-40% dari berat kering, tergantung dari kekakuan polimer (Sothervit dan Krochta 2005).

Plastisizer dalam hal ini adalah gliserol. Plastisizer berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat plastisizer yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil

(*inert*), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi. Salah satu jenis plastisizer yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis *film* karena memiliki berat molekul yang kecil (Huri dan Fitri, 2014).

Gliserol merupakan salah satu plastisizer yang berfungsi mengurangi kerapuhan pada *biodegradable film*. Penggunaannya dapat meningkatkan plastis *biodegradable film*, menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer sehingga *film* akan lentur dan plastis (Ningsih, 2015). Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis, tidak berwarna, larutan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290°C dengan rumus C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>. Gliserol merupakan bahan tambahan yang dicampurkan pada pembuatan *biodegradable film* bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik. Sifat mekanik sangat penting dalam pengemasan dan penyimpanan produk terutama dari faktor mekanis seperti tekanan fisik (jatuh dan gesekan), getaran, benturan antara bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan dan pendistribusian (Harsunu, 2008).

Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas *edible film*. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan sifat mekanik *edible film* (Fatma, 2015). Berdasarkan hasil penelitian Sanjaya dan Puspita, (2013) semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka sifat bioplastik akan semakin elastis. Gliserol bersifat mudah larut dalam air, dapat meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, merupakan cairan dengan rasa pahit-manis yang mempunyai kelarutan tinggi, yaitu sebesar 71 g/100 g air pada suhu 250°C (Andika, 2007). Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Gliserol (Winarno, 2001)

Gliserol adalah plastisizer 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, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan dengan gugus reaktif protein. Sifat-sifat tersebut yang membuat gliserol

dapat dijadikan plastisizer. Beberapa jenis plastisizer yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* antara lain gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2006).

Gliserol mengandung molekul hidrofilik yang relatif kecil dan mudah disisipkan diantara rantai polimer bahan dasar. Kondisi tersebut menyebabkan modifikasi struktural molekul-molekul penyusun *edible film*. Molekul gliserol akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas *edible film*. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan sifat mekanik *edible film*. Perubahan sifat mekanik dapat diamati melalui uji kekuatan tarik dan kemuluran *edible film*. Beberapa penelitian telah menggunakan plastisizer dalam pembuatan *edible film* sekitar 10-75% dari berat kering polimer. Jumlah yang digunakan bergantung pada sifat bahan *edible film*. Persentase gliserol yang tepat, dapat berpengaruh pada sifat mekanik *edible film* (Guilbert, 1986; Oses, dkk., 2009; Taufik, 2011; Jongjareonrak, dkk., 2006)

Gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, dan menurunkan aw. Gliserol merupakan plastisizer yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk *film* yang bersifat hidrofilik seperti pati (Rodrigeus dkk., 2006). Gliserol dapat meningkatkan adsorpsi molekul polar seperti air. Peran gliserol sebagai plastisizer dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas *film* (Bertuzzi dkk., 2007).

## **II.6. Span 80 (Sorbitan Monoleat) dan Tween 80 (Polysorbate)**

### **II.6.1 Span 80 (Sorbitan Monoleat)**

Ester asam lemak sorbitan pertama kali diperkenalkan secara komersial tahun 1938 oleh Perusahaan Atlas Powder dengan nama dagang 'Span'. Ester asam lemak sorbitan merupakan turunan dari reaksi sorbitol dengan asam lemak (Bash, 2015). Span merupakan jenis emulsifier nonionik lipofilik dengan nilai HLB rendah yang memiliki berat molekul rendah dan permukaan aktif (Hasenhuettl, 1997).

Ester sorbitan secara luas digunakan dalam kosmetik, produk makanan, dan formulasi sebagai surfaktan nonionik lipofilik. Ester sorbitan secara umum dalam formulasi berfungsi sebagai *emulsifying agent* dalam pembuatan krim, emulsi, dan salep untuk penggunaan topikal. Ketika digunakan sebagai *emulsifying agent* tunggal, ester sorbitan menghasilkan emulsi air dalam minyak yang stabil dan mikroemulsi, namun ester sorbitan lebih sering digunakan dalam kombinasi bersama bermacam-macam proporsi

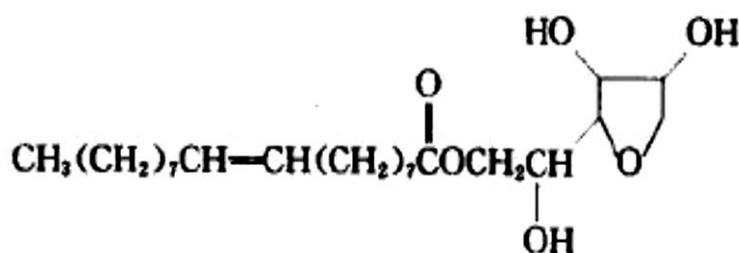
*polysorbate* untuk menghasilkan emulsi atau krim, baik tipe M/A atau A/M (Rowe dkk., 2009). Adapun uraian span 80 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uraian Span 80

<b>Nama resmi</b>	Sorbitan Monooleat
<b>Nama lain</b>	Span 80
<b>Sifat fisik</b>	Larutan berminyak, berwarna kuning terang, bau karakteristik dari asam lemak.
<b>Kelarutan</b>	Praktis tidak larut tetapi terdispersi dalam air, dapat bercampur dengan alkohol, sedikit larut dalam minyak kapas.
<b>Penyimpanan</b>	Dalam wadah tertutup rapat
<b>Kegunaan</b>	Sebagai emulgator tipe minyak
<b>HLB</b>	4,3

Sumber : Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, (1979)

Span 80 mempunyai nama lain sorbitan monooleat. Pemberiannya berupa warna kuning gading, cairan seperti minyak kental, bau khas tajam, terasa lunak. Kelarutannya tidak larut tetapi terdispersi dalam air, bercampur dengan alkohol, tidak larut dalam propilen glikol, larut dalam hampir semua minyak mineral dan nabati, sedikit larut dalam eter. Berat jenis pada 20°C adalah 1 gram. Nilai HLB 4,3. Viskositas pada 25°C adalah 1000 cps (Smolinske, 1992). Adapun struktur kimia span 80 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kimia Span 80 (Sorbitan Monooleat)

Batas maksimal konsumsi harian (*Acceptable Daily Intake/ADI*) total ester sorbitan adalah sebesar 0-25 mg/kg berat badan. Span 80 merupakan jenis ester sorbitan yang umum digunakan dalam industri pangan (Ingram dkk., 1978). Sorbitan monooleat adalah surfaktan non ionik dan pengemulsi yang merupakan turunan dari polietoksilat sorbitan dan asam oleat, dan sering digunakan pada makanan. Sorbitan monooleat biasa digunakan secara umum sebagai bahan pengemulsi dalam pengolahan emulsi minyak dalam air yang stabil (Tampubolon, 2011).

## II.6.2 Tween 80 (Polysorbate)

*Tween*, *Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate* atau lebih dikenal dengan polisorbat diperkenalkan oleh Perusahaan Atlas Powder pada tahun 1942 dengan nama dagang komersial '*Tween*' (Bash, 2015). *Tween* merupakan modifikasi dari ester sorbitan dengan etilen oksida. Emulsifier ini memiliki karakteristik fisik berwarna kuning hingga orange bening, cair dan berminyak. *Tween* 60, 65 dan 80 legal digunakan sebagai emulsifier kue, *whipped cream*, emulsi minyak dan lemak nabati (sebagai substitusi susu dan krim dalam minuman kopi), emulsifier untuk icing dan filling kue serta pelapis permen dan cokelat. *Tween* 80 merupakan emulsifier *food grade* dengan ADI sebesar 0-25 mg/kg berat badan. *Tween* bersifat hidrofilik karena panjangnya rantai polioksietilen (Hasenhuettl, 1997).

Tween 80 atau Polysorbate 80 merupakan ester oleat dari sorbitol di mana tiap molekul anhidrida sorbitolnya berkopolimerisasi dengan 20 molekul etilenoksida. Tween 80 berupa cairan kental berwarna kuning dan agak pahit (Rowe, Sheskey, dan Quinn, 2009). Tween 80 larut dalam air dan etanol (95%), namun tidak larut dalam *mineral oil* dan *vegetable oil*. Aktivitas antimikroba dari pengawet golongan paraben dapat mengurangi jumlah *polysorbate* (Rowe, dkk., 2009). Polisorbat juga digunakan sebagai bahan pemelarut untuk bahan termasuk minyak esensial dan vitamin yang larut minyak serta sebagai bahan pembasah dalam suspensi oral dan parenteral (Tampubolon, 2011). Adapun uraian tween 80 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uraian Tween 80

<b>Nama resmi</b>	Polisorbat 80 atau Polyoxyethylene sorbitan monooleate
<b>Nama lain</b>	Tween 80
<b>Sifat fisik</b>	Cairan kental seperti minyak, jernih kuning, bau karakteristik dari asam lemak.
<b>Kelarutan</b>	Mudah larut dalam air, dalam etanol 95 %, dalam etanol, sukar larut dalam parafin cair dan dalam minyak biji kapas.
<b>Penyimpanan</b>	Dalam wadah tertutup rapat
<b>Kegunaan</b>	Sebagai emulgator tipe air
<b>HLB</b>	15,0

Sumber : Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, (1979)

*Polysorbate* digunakan sebagai *emulsifying agent* pada emulsi topikal tipe minyak dalam air, dikombinasikan dengan emulsifier hidrofilik pada emulsi minyak dalam air, dan untuk menaikkan kemampuan menahan air pada salep, dengan konsentrasi 1-15% sebagai



dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).

Penetapan kadar air bahan pangan dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung dari sifat bahannya. Pada umumnya penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan sejumlah sampel dalam oven pada suhu 105-110° C selama 3 jam atau hingga didapat berat yang konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan. Penentuan kadar air untuk berbagai bahan berbeda-beda metodenya tergantung pada sifat bahan. Misalnya, untuk bahan yang tidak tahan panas, berkadar gula tinggi, berminyak dan lain-lain penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan oven vakum dengan suhu rendah, sedangkan untuk bahan yang mempunyai kadar air tinggi dan mengandung senyawa volatil (mudah menguap) penentuan kadar air dilakukan dengan cara destilasi dengan pelarut tertentu yang berat jenisnya lebih rendah daripada berat jenis air. Untuk bahan cair yang berkadar gula tinggi, penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan refraktometer (Winarno, 1997).

### **II.7.2 Daya Larut Air**

Kelarutan *film* merupakan faktor yang penting dalam menentukan biodegradibilitas *film* ketika digunakan sebagai pengemas. Ada *film* yang dikehendaki tingkat kelarutannya tinggi atau sebaliknya tergantung jenis produk yang dikemas (Nurjannah, 2004). Daya larut yang tinggi menyebabkan *edible film* mudah larut dalam air dan kemampuannya untuk menahan air menjadi berkurang. *Edible film* dengan daya larut tinggi sangat baik digunakan pada produk pangan siap makan karena mudah larut pada saat dikonsumsi (Pitak dan Rakshit 2011). Daya larut yang tinggi juga berkaitan dengan sifat biodegradasi *edible film*. Di sisi lain, daya larut yang rendah merupakan salah satu persyaratan penting *edible film* terutama untuk penggunaan sebagai kemasan pangan yang umumnya memiliki kadar air dan aktivitas air yang tinggi atau pada penggunaan *edible film* yang bersentuhan dengan air dan bertindak sebagai pelindung produk pangan (Atef, dkk., 2015)

### **II.7.3 Laju Transmisi Uap Air**

Laju transmisi uap air atau WVTR (*water vapour transmission rate*) merupakan jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas *film*. Laju transmisi uap air akan menentukan permeabilitas uap air *film* (McHugh dan Krochta, 1994). Konsentrasi

asam lemak mempunyai efek yang besar terhadap sifat penghambatan terhadap uap air film yang dihasilkan. Semakin banyak asam lemak yang ditambahkan sifat hidrofobiknya akan semakin besar sehingga laju transmisi uap airnya semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan migrasi uap air umumnya terjadi pada bagian yang hidrofilik sehingga rasio hidrofilik-hidrofobik bahan perlu diperhatikan untuk memperoleh nilai WVTR yang tepat (Garcia, 2000). Faktor utama penyebab tingginya nilai laju transmisi uap air *edible film* adalah komponen hidrofilik lebih tinggi dibanding komponen hidrofobik, namun peningkatan komponen hidrofobik dalam matrik *edible film* dapat menyebabkan penurunan elastisitas (Garcia dkk., 2000).

#### **II.7.4 Ketebalan**

Ketebalan adalah parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *film* dalam pembentukan produk dikemasannya (Suryaningrum dkk., 2005). Ketebalan pengemas akan memengaruhi umur simpan produk, apabila semakin tebal maka laju transmisi uap air dan gas akan semakin rendah. Akan tetapi, kenampakan *edible film* yang tebal akan memberi warna yang semakin buram atau tidak transparan dan akan mengurangi penerimaan konsumen karena produknya menjadi kurang menarik (Diredja, 1996). Penggunaan lipid cair dalam formulasi film dapat membentuk struktur *edible film* yang lebih padat (Martin-Polo dkk., 1992).

#### **II.7.5 Kuat Tarik**

Kuat tarik merupakan tarikan maksimal yang dapat dicapai *film* sebelum *film* putus atau sobek. Nilai kuat tarik menunjukkan besarnya gaya diperlukan untuk mencapai tarikan maksimal pada setiap satuan luas *film* (Krochta dan DeMulder-Johnston, 1997). Pengukuran kuat tarik berhubungan erat dengan konsentrasi plastisizer yang ditambahkan pada proses pembuatan *film*. Sifat kuat tarik tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun *edible film* terutama sifat kohesi struktural. Penggunaan plastisizer pada konsentrasi tertentu akan menghasilkan *film* dengan kuat tarik lebih rendah (Harsunu, 2008).

#### **II.7.6 Persen Pemanjangan**

Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga *film* terputus. Pada umumnya plastisizer dalam jumlah lebih besar akan membuat nilai persen pemanjangan suatu *film* meningkat lebih besar (Harsunu, 2008).

Penambahan plastisizer lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan *edible film* dengan kemuluran yang lebih rendah (Lai dan Huey, 1997). Semakin tinggi kandungan lipid yang ditambahkan maka semakin rendah nilai persentase pemanjangan karena menyebabkan protein dan lipid saling berinteraksi sehingga *edible film* yang dihasilkan mudah rapuh (Isnawati, 2008). Persentase pemanjangan menurun dengan meningkatnya penambahan lipid karena globula lemak mengganggu ikatan intermolekul hidrogen (Cheng, dkk., 2008).

## II.8. Flavor

Flavor dalam pengertian sehari-hari sering diartikan secara sederhana sebagai aroma bahan pangan. Aroma dari makanan yang sedang berada didalam mulut dapat ditangkap oleh indera penciuman manusia melalui saluran yang menghubungkan antar mulut dan hidung. Jumlah komponen volatil yang dilepaskan oleh suatu produk dipengaruhi suhu dan komponen alaminya. Sejumlah karakteristik beberapa komponen bahan makanan yang dibawa kemulut, dirasakan terutama oleh indera rasa dan bau, yang seterusnya diterima dan diinterpretasikan oleh otak (Heath, 1981). Komponen aroma akan dikenali apabila berbentuk gas atau uap dan molekul-molekulnya yang menyentuh sel olfaktori (Winarno, 1997).

Flavor adalah suatu sensasi yang muncul dan disebabkan oleh komponen kimia yang volatil atau non-volatil, yang berasal dari alam ataupun sintetis, dan timbul pada saat makan atau minum. Komponen volatil adalah komponen yang memberikan sensasi bau, memberikan kesan awal (*top notes*), dan menguap dengan cepat. Komponen non volatil memberikan sensasi pada rasa, yaitu manis, pahit, asam, dan asin, tidak memberikan sensasi bau tapi menjadi media untuk komponen volatil, dan membantu menahan penguapan komponen volatile. Aroma dari makanan yang sedang berada didalam mulut dapat ditangkap oleh indera penciuman manusia melalui saluran yang menghubungkan antar mulut dan hidung. Jumlah komponen volatil yang dilepaskan oleh suatu produk dipengaruhi suhu dan komponen alaminya. Sejumlah karakteristik beberapa komponen bahan makanan yang dibawa kemulut, dirasakan terutama oleh indera rasa dan bau, yang seterusnya diterima dan diinterpretasikan oleh otak (Heath, 1981). Flavor didefinisikan sebagai sensasi yang saling berbeda namun merupakan suatu kesatuan antara sensasi rasa, bau, dan raba. Definisi lain menyatakan flavor sebagai atribut dari makanan, minuman dan bumbu-bumbuan, yang dihasilkan dari rangsangan terhadap keseluruhan indera ketika

makanan melalui saluran makanan dan pernapasan, terutama rasa dan bau (Dordland dan Rogers, 1977).

## **II.9. *Principal Component Analysis (PCA)***

Prinsip PCA adalah menyederhanakan peubah yang diamati melalui reduksi data, dengan cara menghilangkan korelasi antar variabel bebas melalui transformasi, sehingga dihasilkan variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali, yang disebut komponen utama (Soemartini, 2008).

Setiap komponen dalam model PCA dikarakterisasi oleh atribut yang saling melengkapi. Hasil analisa merupakan gabungan dari *loading* dan *score* plot dalam grafik *biplot*. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara variabel dan contoh secara keseluruhan. Jarak antara titik variabel menunjukkan hubungan diantara variabel. Titik-titik sampel yang berdekatan menunjukkan bahwa contoh-contoh tersebut sama, sedangkan titik-titik sampel yang berjauhan menunjukkan hal yang sebaliknya (Setyaningsih, dkk., 2010). *Principal Component Analysis* untuk melakukan identifikasi keseluruhan dari suatu data dan memilih klaster dari subset yang ada. Analisis komponen utama merupakan suatu teknik statistik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan dan saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan tidak berkorelasi (web 1). Setiap pengukuran multivariat (atau observasi), komponen utama merupakan kombinasi linier dari variabel p awal. Tujuan utama analisis komponen utama ialah untuk mengurangi dimensi peubah-peubah yang saling berhubungan dan cukup banyak variabelnya sehingga lebih mudah untuk menginterpretasikan data-data tersebut (Johnson dan Wichern, 2002).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### III.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2017 sampai bulan Juli 2018 bertempat di Laboratorium Pengolahan Pangan, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar, Balai Besar Industri Hasil Perkebunan, Makassar.

#### III.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri (Normax) berdiameter 10 cm, hot plate (windaus), *magnetic stirrer*, batang pengaduk, oven, desikator, gelas piala, termometer, timbangan, *stopwatch*, *ultra-turrax* (T 25 basic).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *whey* dangke (*whey* bubuk dari hasil *freeze dry* selama 50 jam) dan pektin sebagai komponen utama dari fase hidrofilik *edible film*. Lilin lebah digunakan sebagai fase terdispersi secara hidrofob. Gliserol digunakan sebagai *plasticizer*. Span 80 dan Tween 80. Aroma *butter* (CV. Diva Essence). Aquades dan aluminium foil.

#### III.3. Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan *edible film* dengan penambahan lilin lebah dan aroma *butter* sebagai berikut:

##### III.3.1 Pembuatan *Edible Film* dengan Penambahan Lilin Lebah

Sebanyak 0.9 gr *whey* dangke dimasukkan ke dalam 100 ml air aquades. Larutan diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer pada suhu 40°C selama 15 menit. Suhu dinaikkan menjadi 60°C. Sebanyak 3.6 gr pektin dimasukkan ke dalam larutan dengan pengadukan pada skala yang sama selama 15 menit. 1.35 gr gliserol (30% dari berat akhir *whey* dangke dan pektin) dimasukkan ke dalam larutan dengan pengadukan konstan selama 15 menit. Ditambahkan lilin lebah sesuai perlakuan kemudian diaduk selama 15 menit, suhu 60°C. Tuangkan 20 ml ke dalam cawan petri lalu dikeringkan pada oven suhu 60°C selama 24 jam. *Film* yang telah kering lalu dilepaskan kemudian diukur sifat fisik dan mekanik.

### III.3.2 Pembuatan *Edible Film* dengan Penambahan Aroma *Butter*

Setelah penambahan lilin lebah dilakukan (tahap III.3.1), kemudian ditambahkan span 80 sebanyak 0.4 gr, tween 80 sebanyak 0.6 gr dan aroma sesuai perlakuan. Campuran ini lalu dimasukkan ke dalam larutan *film* dan dihomogenisasi dengan menggunakan Ultra-Turrax selama 2 menit kecepatan 24.000 rpm. Dituangkan larutan sebanyak 20 ml ke dalam cawan petri lalu dikeringkan pada suhu 60<sup>0</sup>C selama 24 jam. *Film* yang telah kering lalu diangkat dan dilakukan pengamatan sifat fisik, mekanik dan pengamatan sensori.

### III.4. Desain Penelitian

Desain penelitian ini disusun berdasarkan rasio *whey* dangke/pektin yaitu A : 1:4 (20% *whey* dangke dan 80% pektin % b/b) dengan dua faktor yaitu faktor B pengaruh konsentrasi lilin lebah dan faktor C pengaruh konsentrasi aroma *butter*. Desain penelitian

*edible film* dengan penambahan lilin lebah dan aroma sebagai berikut :

B : konsentrasi lilin lebah (%)

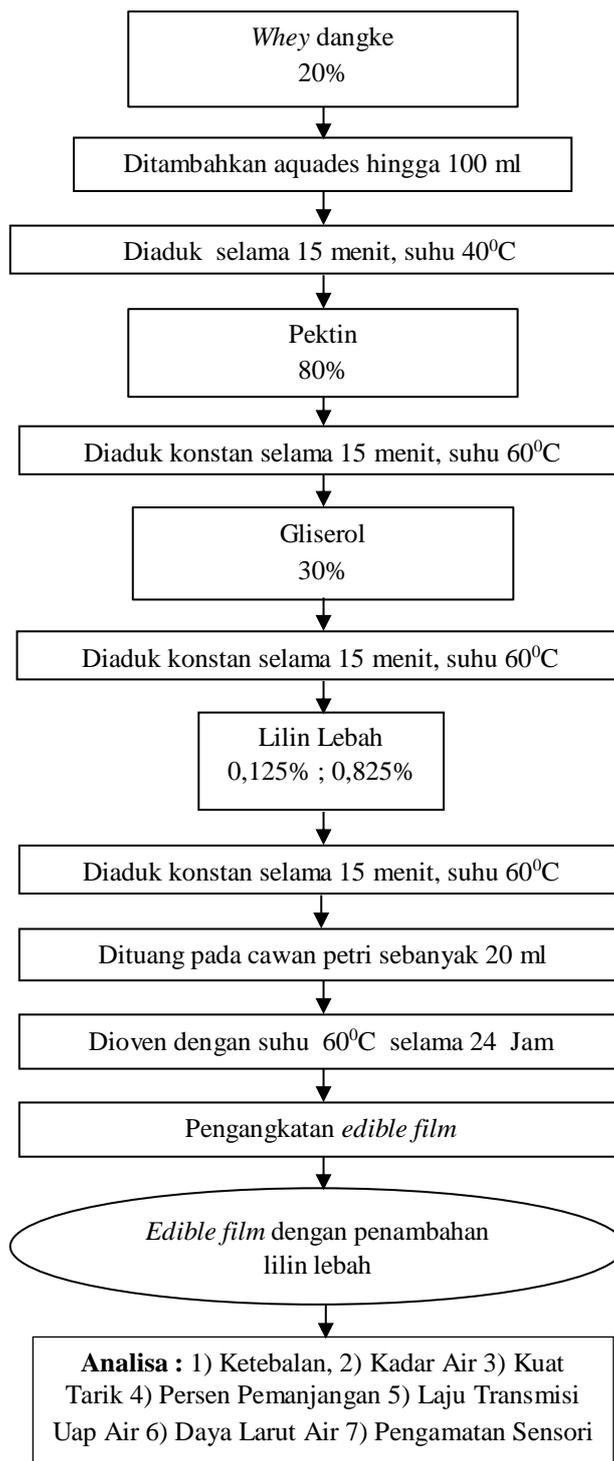
B1 : 0,125%

B2 : 0,825%

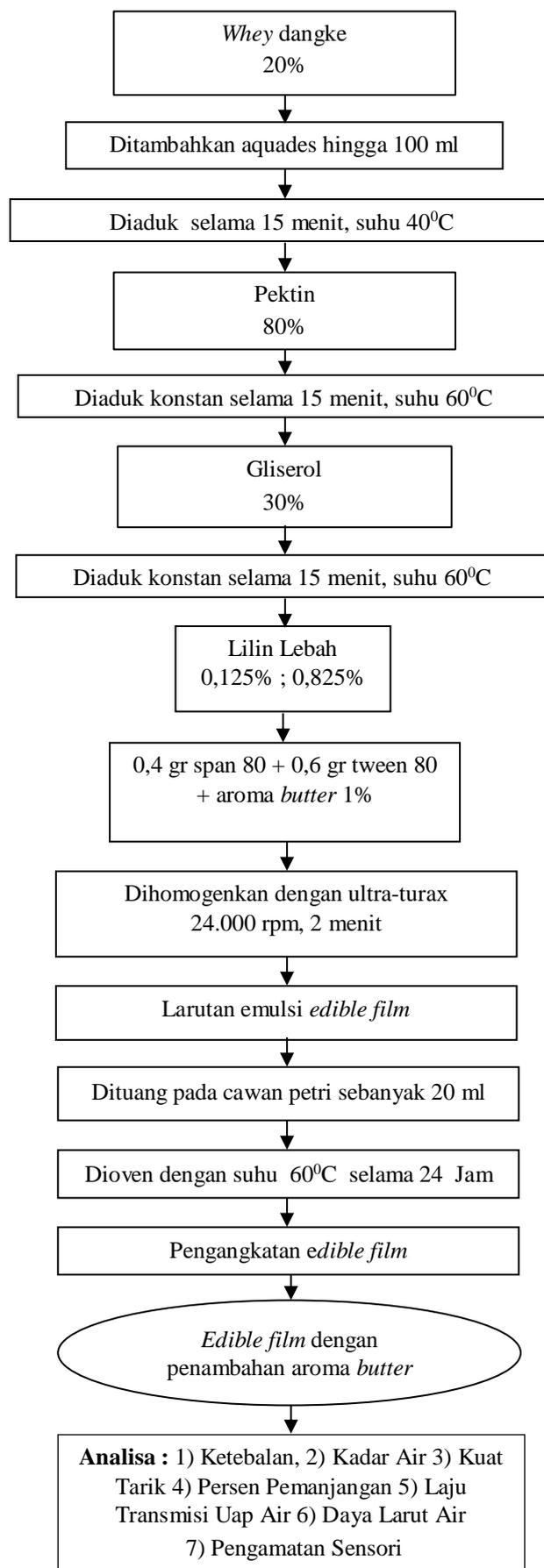
C : konsentrasi aroma *butter* (%)

C1 : tanpa aroma

C2 : aroma *butter* 1%



Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan *Edible Film* dengan Penambahan Lilin Lebah



Gambar 7. Diagram Alir Pembuatan *Edible Film* dengan Penambahan Aroma *Butter*

### III.5. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian terdiri dari faktor B (konsentrasi lilin lebah) dan faktor C (konsentrasi aroma *butter*) disusun menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 3 kali pengulangan, kemudian dilanjutkan dengan uji independent sample T-Test. Pengamatan dilakukan terhadap pengaruh konsentrasi lilin lebah dan pengaruh konsentrasi aroma *butter* terhadap sifat fisik mekanik yang disajikan pada tabel *analysis of variant* (ANOVA), sedangkan hasil penerimaan sensori *film* dilanjutkan dengan *principal component analysis* (PCA).

### III.6. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan sifat fisik mekanik *edible film* yaitu ketebalan, kadar air, kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, daya larut air dan pengamatan sensori.

#### III.6.1 Ketebalan Film (Ayranci dan Tunc, 2003)

Pengamatan ketebalan *edible film* ditentukan dari rata-rata pengukuran pada 5 titik lokasi yang berbeda diukur dengan menggunakan *digital caliper* (KRISBOW KW06-422). Film ditempatkan diantara rahang *digital caliper* (ketelitian 200 mm x 8" and 0.01 mm) (Ayranci dan Tunc, 2003). Ketebalan bertujuan untuk melihat pengaruh tebal *biodegradable film* terhadap laju uap, air, dan gas yang masuk kedalam bahan. Semakin tebal *biodegradable film* yang dihasilkan maka kemampuan untuk menghambat laju uap, air, dan gas akan semakin baik. *Film* terlalu tebal akan berpengaruh terhadap kenampakan. Standar ketebalan pada *biodegradable film* sebesar 0,25 mm (Gontard and Guilbert, 1992).

#### III.6.2 Kadar air (Sudarmadji, dkk., 1997)

Sampel ditimbang sebanyak 2 gram lalu dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C, selama 3-5 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator selama 3-5 menit lalu ditimbang. Dipanaskan kembali ke dalam oven selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Hal ini dilakukan sampai diperoleh berat yang konstan. Perbedaan berat sebelum dan setelah pengeringan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

### III.6.3 Kuat Tarik dan Persentase Pemanjangan

Pengukuran kuat tarik dan persen pemanjangan dilakukan dengan cara sampel dipotong ukuran 10 x 2 cm. *Edible film* dijepit 1,5 cm dikedua panjang sisinya. Uji kuat tarik dan persen pemanjangan *film* dilakukan menggunakan alat *mechanical universal testing machine* (Hung Ta, HT-2010). Nilai kekuatan tarik dibaca setelah penarikan sampel. Nilai kekuatan tarik didapatkan dari hasil gaya maksimum pada saat film pecah (F) satuan Newton dibagi luas area yaitu Panjang film (L) satuan millimeter dikali dengan nilai rata-rata ketebalan film (T) satuan millimeter. Kekuatan tarik dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = F / (T \times L)$$

Nilai persen pemanjangan dibaca setelah diberikan gaya maksimum, dimana panjang material setelah diuji tarik ( $L_i$ ) satuan centimeter dikurang panjang material sebelum diuji tarik ( $L_o$ ) satuan centimeter dibagi ( $L_o$ ) dikalikan 100%. Persen pemanjangan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \{(L_i - L_o) / L_o\} \times 100\%$$

### III.6.4 Laju Transmisi Uap Air (LTUA) (Zulferiyenni, dkk., 2014)

Pengamatan LTUA pada *edible film* yaitu dengan menggunakan cawan dengan diameter 0,1075 m<sup>2</sup> secara seragam, slika gel sebagai penyerap air dan lilin mainan (plastisin). Metode kerja LTUA yaitu cawan diisi dengan silika gel hingga permukaan cawan berjarak 3 mm dari *film* yang diuji. *Film* diletakkan ke permukaan cawan dan disekat dengan menggunakan lilin mainan hingga tidak terdapat celah pada permukaan cawan, selanjutnya cawan ditimbang kemudian masukkan kedalam desikator yang berisi garam NaCl sebanyak 200 gram dalam 1 liter air, kemudian ditutup dengan rapat. Cawan ditimbang pada waktu 0 jam, 8 jam, 24 jam, 32 jam, 48 jam, 56 jam dan 72 jam kemudian ditentukan penambahan berat dari cawan. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara penambahan berat dan waktu. Nilai WVTR dihitung dengan rumus :

$$WTVR = \frac{\text{Slope (g/jam)}}{\text{Luas Sampel (m}^2\text{)}}$$

### III.6.5 Daya Larut Air

Pengukuran kelarutan dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh AOAC (1983). Sampel *film* dan kertas dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24

jam. Sampel *film* dan kertas saring ditimbang secara terpisah sebagai berat awal ( $W_1$ ). Sampel yang telah dikeringkan direndam dalam aquadest sebanyak 50 mL selama 24 jam, setelah itu dilakukan pengadukan. Sampel *film* yang telah direndam disaring menggunakan kertas saring, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam, setelah itu ditimbang ( $W_2$ ). Nilai daya larut air dapat ditentukan dengan rumus :

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{\text{Berat awal sampel} - \text{Berat akhir sampel}}{\text{Berat awal sampel}} \times 100\%$$

### III.6.6 Pengamatan Sensori

Uji profil sensori dirancang untuk mengidentifikasi dan mengukur sifat-sifat sensori flavor/textur profile untuk menguraikan karakteristik aroma dan flavor produk makanan dan menguraikan karakteristik tekstur makanan (Lawless dan Heymann, 1999). Kepada 15 panelis dilakukan uji profil sensori meliputi profil sensori rasa manis, rasa asam, rasa asin, rasa pahit, intensitas aroma, elastisitas dan uji kesukaan dikategorikan dengan suatu kategori skala. Kategori skala merupakan suatu uraian yang menggambarkan intensitas dari suatu atribut mutu atau besarnya nilai suatu atribut mutu diperkirakan berdasarkan salah satu sampel. Panelis menentukan penilaian dengan memberi tanda garis vertical ( | ) pada skala garis lurus dengan panjang 10 cm untuk setiap tingkat intensitas meliputi rasa manis (tidak manis ke sangat manis), rasa asam (tidak asam ke sangat asam), rasa asin (tidak asin ke sangat asin), rasa pahit (tidak pahit ke sangat pahit), intensitas aroma (tidak kuat ke sangat kuat), elastisitas (tidak elastis ke sangat elastis), dan uji kesukaan (tidak suka ke sangat suka).

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1. Perlakuan Terbaik Rasio *Edible Film Whey Dangke* dan Pektin

Penelitian pertama dilakukan untuk mengetahui rasio terbaik *edible film whey dangke* dan pektin yaitu 1:4 dan 2:3. Hasil rasio terbaik berdasarkan nilai rata-rata setiap parameter sifat fisik mekanik yaitu kadar air, laju transmisi uap air, ketebalan dan kuat tarik. Nilai rata-rata kadar air rasio 1:4 yaitu 25,31% menunjukkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai rasio 2:3 yaitu 25,83%. Nilai kadar air akan mempengaruhi sifat fisik *edible film*. Semakin rendah nilai kadar air pada *film* maka akan mempengaruhi tingkat elastisitas dan ketahanan *film* sehingga mempertahankan kualitas produk yang dikemas (Banerjee dan Chen, 1995). Nilai rata-rata laju transmisi uap air yang dihasilkan dengan penggunaan rasio 1:4 lebih rendah dibandingkan dengan rasio 2:3 dengan masing-masing nilai yaitu 0,11 g/jam.m<sup>2</sup> dan 0,20 g/jam.m<sup>2</sup>. Nilai laju transmisi uap air yang rendah memperoleh migrasi uap air yang terjadi pada produk yang dikemas oleh *edible film* semakin baik dalam menjaga umur simpan produk yang dikemas. Untuk menahan migrasi uap air maka permeabilitasnya terhadap uap air memiliki nilai rendah (Gontard, dkk., 1993). Rasio 1:4 menghasilkan nilai rata-rata ketebalan tinggi dibandingkan rasio 2:3 yaitu 0,20 mm dan 0,12 mm. Nilai ketebalan *edible film* merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap permeabilitas gas sehingga menentukan kualitas produk yang akan dikemas (Kusumasmarawati, 2007). Nilai rata-rata kuat tarik pada rasio 1:4 menghasilkan nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata rasio 2:3 yaitu masing-masing 5,65 MPa dan 3,00 MPa. Kuat tarik merupakan sifat mekanis dan menentukan kekuatan dari *edible film*. Kekuatan tarik lebih tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemas dari gangguan mekanis dengan baik, sedangkan kekuatan tarik *film* dipengaruhi oleh formulasi bahan yang digunakan (Suryaningrum, dkk., 2005). Hasil parameter pengamatan *edible film whey dangke* dan pektin menunjukkan bahwa nilai kadar air dan laju transmisi uap air dengan rasio 1:4 memiliki nilai lebih rendah dibandingkan rasio 2:3, kemudian nilai kuat tarik dan ketebalan rasio 1:4 lebih tinggi dibandingkan rasio 2:3 sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai pada rasio 1:4 merupakan nilai terbaik pada *edible film whey dangke* dan pektin.

## IV.2. Sifat Fisik, Mekanik dan Pengamatan Sensori *Edible Film*

Rekapitulasi analisis ragam sifat fisik mekanik *edible film* rasio terbaik (1:4) disajikan pada Tabel 4, sebagai berikut :

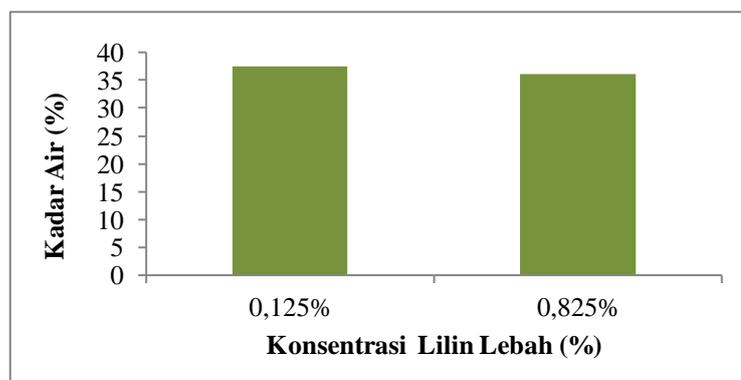
Tabel 4. Rekapitulasi Analisis Ragam Terhadap Sifat Fisik *Edible Film*

Variabel	Sumber Keragaman			
	Lilin Lebah		Aroma <i>butter</i>	
	0.125%	0.825%	tanpa aroma	aroma <i>butter</i> 1%
Kadar Air	37.52b	36.06a	25.66a	47.91a
Daya Larut Air	11.39b	10.08a	8.77a	12.69a
Laju Transmisi Uap Air	0.10a	0.15a	0.12b	0.11a
Ketebalan	0.21a	0.18a	0.21a	0.18a
Kuat Tarik	8.87b	8.18a	4.52b	12.52a
Persen Pemanjangan	47.15b	45.66a	21.30a	71.51a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji Independent T-Test ( $\alpha = 0,05$ ).

### IV.2.1 Kadar Air

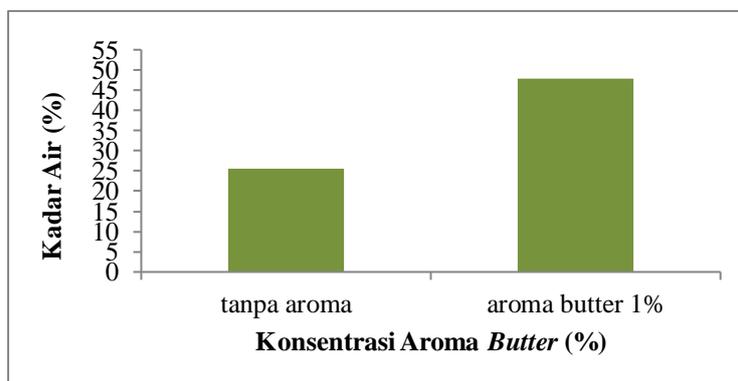
Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah atau berat kering. Air sering berperan dalam sebagai pelarut dalam bahan pangan, kadar air diharapkan dari *edible film* yang dihasilkan dari penelitian adalah kadar air yang rendah. Semakin tinggi nilai kadar air dalam maka kesempatan untuk melindungi bahan pangan akan semakin rendah. Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan (Kusumah, dan Andarwulan, 1989). Kadar air merupakan jumlah banyaknya air yang terkandung dalam bahan, juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa (Winarno, 1997).



Gambar 8. Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Kadar Air (%)

Hasil analisis keragaman (Tabel 4) menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi lilin lebah berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar air namun tidak berbeda nyata pada

pengujian independent sample t-test (Tabel 4). Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,125% dengan nilai 37,5236% memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,825% yaitu 36,0592%. Rata-rata nilai kadar air mengalami peningkatan menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya penambahan lilin lebah sebagai senyawa hidrofobik maka air dalam *edible film* akan terperangkap oleh ikatan polimer yang terbentuk. Penambahan jumlah lilin lebah pada larutan *edible film* yang berasal dari *edible film* hidrofobik menyebabkan *edible film* memiliki kandungan air yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan Sahari, M.A., A. Akbarian dan M. Hamed, (2002), bahwa senyawa hidrofobik merupakan komponen yang paling efektif sebagai barrier terhadap uap air. Lilin lebah memiliki jumlah ikatan hidrogen non polar yang tidak berikatan dengan air kemudian membentuk jaringan kristal sehingga berfungsi sebagai penghalang terhadap uap air.



Gambar 9. Pengaruh Konsentrasi Aroma *Butter* terhadap Kadar Air (%)

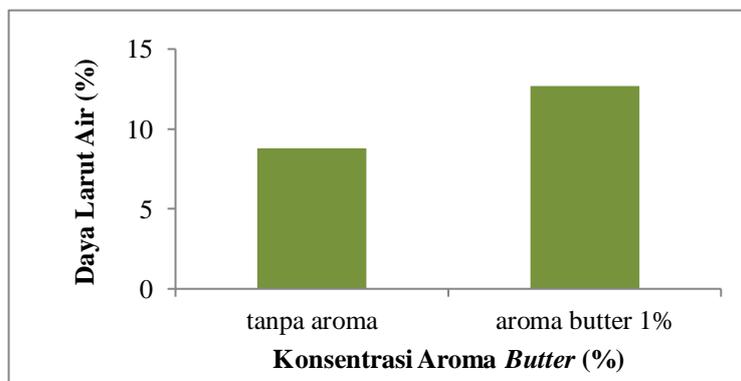
Hasil analisis keragaman (Tabel 4) menunjukkan bahwa pengaruh penambahan konsentrasi aroma *butter* berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar air. Berdasarkan uji independent sample t-test, penambahan konsentrasi aroma *butter* menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Gambar 8 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi aroma 1% yaitu 47,9183% memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* tanpa penambahan aroma yaitu 25,6646%. Aroma *butter* yang digunakan pada pembuatan *edible film* memiliki sifat hidrofilik sehingga aroma tersebut mampu mengikat molekul air melalui ikatan hidrogen yang kuat sehingga membantu penyerapan air. Penambahan aroma *butter* akan menyebabkan jumlah air yang tertinggal didalam jaringan *film* akan semakin tinggi.

#### IV.2.2 Daya Larut Air

Kelarutan film atau daya larut film dalam air merupakan faktor penting dalam menentukan biodegradabilitas edible film. Peningkatan molekul larutan menyebabkan

matriks film semakin banyak, sehingga struktur film yang kuat dengan struktur jaringan film yang semakin kompak dan kokoh dapat meningkatkan kekuatan film sehingga tidak mudah hancur karena air (Santoso dkk., 2011). Kelarutan film dalam air dinyatakan dalam persentase bagian film yang larut dalam air setelah perendaman selama 24 jam dan merupakan faktor penting dalam menentukan biodegradabilitas film (Gontard, dkk., 1992).

Hasil analisis ragam terhadap daya larut air pada *edible film* yang dihasilkan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi lilin lebah tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap daya larut *edible film* sedangkan konsentrasi aroma berpengaruh nyata terhadap daya larut air (Tabel 4). Sifat hidrofobik pada *edible film* cenderung menurunkan nilai daya larut air. Hal ini sesuai dengan Mehyar dan Han (2004), yang menyatakan bahwa konsentrasi lilin lebah tidak mempengaruhi daya larut air menunjukkan bahwa sifat hidrofobik film terhadap air lebih tinggi. Penambahan konsentrasi lilin lebah *edible film* cenderung menurun. Kelarutan *edible film* dalam air akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi lilin lebah. Semakin tinggi gugus hidrofobik pada bahan penyusun tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan kelarutan *edible film*.



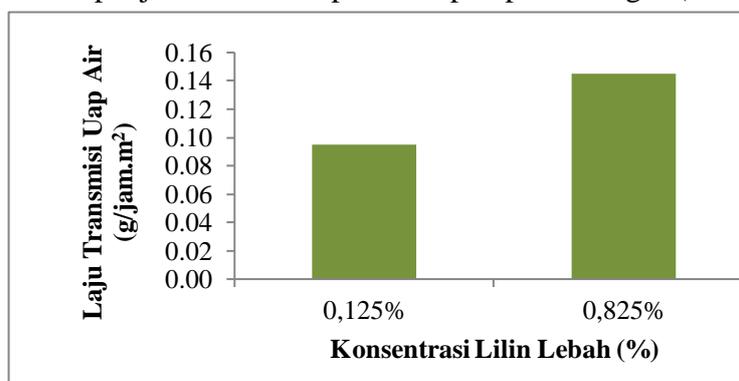
Gambar 10. Pengaruh Konsentrasi Aroma *Butter* terhadap Daya Larut Air (%)

Hasil analisis keragaman (Tabel 4) menunjukkan bahwa pengaruh penambahan konsentrasi aroma *butter* berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap daya larut air. Berdasarkan uji independent sample t-test, penambahan konsentrasi aroma menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Gambar 9 menunjukkan bahwa *edible film* tanpa penambahan aroma yaitu 8,7736% memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan *edible film* penambahan aroma *butter* 1% yaitu 12,6908%. Komponen aroma *butter* yang bersifat hidrofilik memiliki kemampuan untuk larut dalam air, sehingga akan mudah membentuk interaksi yang kuat dengan air dengan membentuk ikatan hidrogen, yang menyebabkan persentase kelarutan semakin tinggi seiring meningkatnya komponen hidrofilik penyusun matriks *edible film*. Sehingga dengan adanya penambahan aroma *butter* pada *edible film*

maka daya larut air yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* tanpa penambahan aroma.

### IV.2.3 Laju Transmisi Uap Air

Nilai laju transmisi uap 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. Nilai laju transmisi uap mencakup laju transmisi uap terhadap uap air dan gas (Harsunu, 2008).



Gambar 11. Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>)

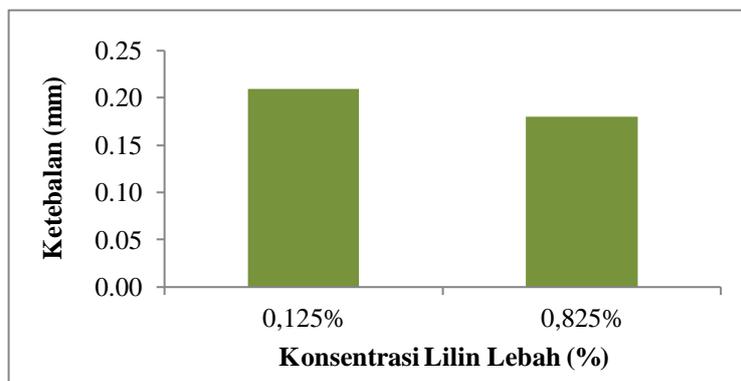
Hasil analisis keragaman (Tabel 4) menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi lilin lebah berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap laju transmisi uap air. Berdasarkan uji independent sample t-tes, penambahan konsentrasi aroma menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Gambar 10 menunjukkan *edible film* dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,825% yaitu 0,1481 g/jam.m<sup>2</sup> memiliki laju transmisi uap air yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,125% yaitu 0,0966 g/jam.m<sup>2</sup>. Peningkatan konsentrasi lilin lebah cenderung tidak menurunkan nilai laju transmisi uap air pada *edible film* yang dihasilkan. *Edible film* ini memiliki kemampuan untuk menyerap air dari udara disekeliling bahan meningkat. Tingginya komponen hidrofobik yang menyusun dalam matriks *film* menyebabkan permeabilitas terhadap uap air akan semakin menurun dikarenakan komponen polimer yang berantai lurus akan membentuk jaringan yang rapat dan ruang antar sel dalam *edible film* yang terbentuk semakin sempit sehingga akan sulit ditembus oleh air, enzim dan bahan kimia. Sementara hasil yang diperoleh menunjukkan nilai laju transmisi uap air cenderung meningkat. Penambahan lilin lebah 0,125% menyebabkan penurunan laju transmisi uap air film yang dibuat tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi tidak menurunkan laju transmisi uap air. Hal ini terjadi karena pada penambahan 0,25% dan 0,825% terjadi pemisahan lilin lebah pada saat pendinginan, sehingga permukaan film yang dihasilkan tidak rata dan

terbentuk pori-pori yang mengakibatkan film edibel menjadi lebih porous. Selain itu, penggunaan komponen polimer juga diduga berpengaruh terhadap nilai yang dihasilkan.

Konsentrasi aroma *butter* berdasarkan hasil analisis keragaman pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan ( $p > 0.05$ ) pada nilai laju transmisi uap air *edible film*. Hal ini disebabkan bahwa aroma *butter* memiliki sifat hidrofilik sehingga apabila dilarutkan didalam air, maka bagian molekul yang bersifat hidrofilik akan berikatan dengan air. Transmisi uap air terjadi melalui bagian *film* yang bersifat hidrofilik. Permeabilitas uap air juga tergantung pada perbandingan bahan yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik dalam formulasi. Hal ini sesuai dengan Krochta, dkk., (1994); Qiu-Ping Zhong, dkk., (2008) yang menjelaskan bahwa penyerapan uap air yang terjadi disebabkan karena adanya proses difusi aktif yang melibatkan pelarutan uap air pada film, kemudian berdifusi dan dilepaskan pada sisi yang lain. Selain itu, ketika film hidrofilik menyerap air dan menggumpal, molekul air yang ditambahkan kemudian akan bersifat mobile, menyebabkan mobilitas rata-rata dari molekul air meningkat dan akibatnya terjadi peningkatan permeabilitas dan laju transmisi uap air.

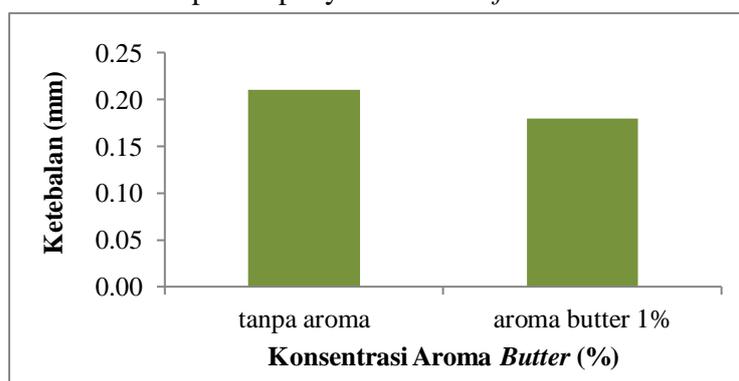
#### **IV.2.4 Ketebalan**

Ketebalan adalah tebalnya *edible film* yang dihasilkan setelah pengeringan. Ketebalan mempengaruhi laju transmisi uap air, kuat tarik dan kemuluran *edible film*. Ketebalan *edible film* berpengaruh terhadap kelenturan, laju uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Kusumasmarawati, (2007) bahwa nilai ketebalan film yang tinggi akan mempengaruhi permeabilitas gas semakin rendah. Semakin tebal edible film maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti *tensile strength* dan *elongation*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan edible film harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya. Ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya. Ketebalan merupakan sifat fisik yang akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil serta sifat-sifat lainnya seperti kekuatan tarik dan persen pemanjangan (Mc Hugh, dkk., 1993).



Gambar 12. Pengaruh Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Ketebalan (mm)

Hasil analisis keragaman (Tabel 4) menunjukkan bahwa pengaruh penambahan konsentrasi lilin lebah berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap ketebalan. Berdasarkan uji independent sample t-tes, penambahan konsentrasi lilin lebah menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Gambar 11 menunjukkan bahwa konsentrasi lilin lebah berpengaruh terhadap nilai ketebalan. *Edible film* dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,125% yaitu 0,21 mm memiliki ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,825% yaitu 0,18 mm. Penambahan konsentrasi lilin lebah yang tinggi maka nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan Galus dan Lenart, (2013) yang menjelaskan bahwa peningkatan ketebalan *edible film* juga terkait dengan sifat senyawa koloid sebagai pengental dan pensuspensi, dan adanya interaksi antar komponen penyusun *edible film*.



Gambar 13. Pengaruh Konsentrasi Aroma Butter terhadap Ketebalan (mm)

Hasil analisis ragam tersaji pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi aroma *butter* berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap ketebalan *edible film*. Berdasarkan uji independent sample t-tes, penambahan konsentrasi aroma *butter* menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Pengaruh konsentrasi aroma juga dapat dilihat pada Gambar 12 menunjukkan bahwa *edible film* tanpa aroma yaitu 0,21 mm memiliki nilai ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* aroma

*butter* 1% yaitu 0,18 mm. Nilai ketebalan yang dihasilkan pada *edible film* tanpa aroma dipengaruhi oleh sifat kekentalan (viskositas). Meningkatnya kandungan padatan terlarut yang berasal dari bahan dasar pembuatan *edible film* dan meningkatnya jumlah ikatan antar molekul dalam larutan pembuatan *edible film* menyebabkan meningkatnya nilai ketebalan yang dihasilkan pada *film* tanpa penambahan aroma. *Edible film* penambahan aroma *butter* 1% memiliki nilai ketebalan yang rendah disebabkan oleh penggunaan aroma *butter* yang bersifat hidrofilik akan berikatan dengan air membentuk lapisan monolayer diatas permukaan air dengan bagian hidrofilik dalam air dan rantai hidrofobik berada di atas permukaan air sehingga meningkatkan ketebalan pada *film*. Hal ini sesuai dengan Ahmadi, dkk., (2012) yang menjelaskan bahwa pengaruh bertambahnya volume aroma terhadap penurunan ketebalan *edible film* disebabkan karena konsentrasi volume aroma yang tinggi akan meningkatkan kemampuan menyerap uap air *edible film* sampai pada batas tertentu yang menyebabkan meningkatnya ketebalan *edible film*.

#### IV.2.5 Kuat Tarik

Kekuatan tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *edible film* tetap bertahan sebelum putus/sobek. Kuat tarik merupakan sifat mekanis dari *edible film*. Kuat tarik menentukan kekuatan dari *edible film*. Semakin besar kekuatan tarik maka *edible film* semakin baik dalam menahan kerusakan mekanis. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang (Krochta dan Johnston, 1997). Sifat fisik mekanik *film* tergantung pada kekuatan bahan yang digunakan dalam pembuatan *film*, untuk membentuk ikatan molekuler dalam jumlah yang banyak dan atau kuat (Manuhara, 2003). Menurut Wu dan Bates, (1973) dalam Suryaningrum, dkk., (2005) *edible film* dengan kekuatan tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik, sedangkan kekuatan tarik *film* dipengaruhi oleh formulasi bahan yang digunakan (Wu dan Bates, 1973).

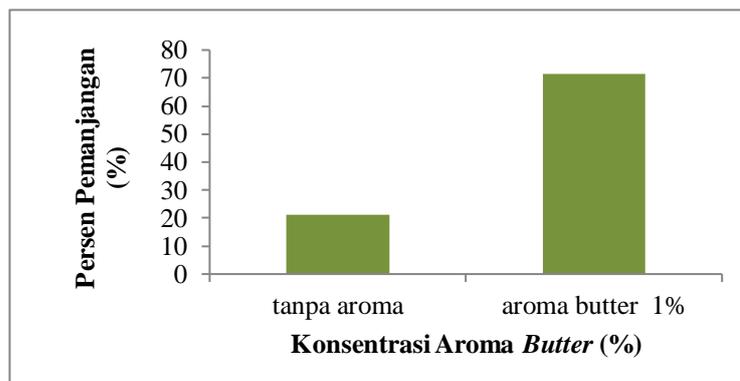
Hasil analisis ragam terhadap kuat tarik pada Tabel 4 yang dihasilkan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi lilin lebah dan konsentrasi aroma tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) pada *edible film*. Lilin lebah merupakan komponen lipid non polar menyebabkan *film* menjadi keruh dan lebih rapuh, sehingga dengan bertambahnya konsentrasi lilin lebah pada *film* cenderung mengalami gaya tarik yang kecil sehingga dapat memutuskan film. Hal ini sesuai dengan Prasetyaningrum, dkk., (2010) yang menyatakan bahwa penambahan

lipid semakin tinggi menurunkan kuat tarik, hal ini disebabkan lipid tidak memiliki kelarutan yang baik terhadap air pada saat pembuatan larutan *edible film*. Sifat lipid non polar tidak dapat larut dengan baik pada pelarut air yang bersifat polar. Sehingga ikatan yang terjadi tidak terbentuk dengan baik dan menurunkan kuat tarik. Penambahan konsentrasi aroma *butter* tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tarik. Aroma *butter* yang digunakan memiliki sifat hidrofilik sehingga mampu mengikat ikatan hidrogen antara aroma dengan polimer bahan dasar penyusun *edible film* yang digunakan. Meningkatnya ikatan hidrogen dalam larutan juga dapat menurunkan struktur *edible film* yang dihasilkan sehingga nilai kuat tarik semakin menurun.

#### **IV.2.6 Persen Pemanjangan**

Persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga film terputus. Pada umumnya plasticizer dalam jumlah lebih besar akan membuat nilai persen pemanjangan suatu film meningkat lebih besar (Harsunu, 2008). Pemanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang film pada saat *film* ditarik sampai putus (Krochta dan Johnston, 1997). Persen pemanjangan pada pengujian *edible film* merupakan salah satu komponen yang berpengaruh pada kualitas *edible film*. *Edible film* dengan nilai pemanjangan yang rendah mengindikasikan bahwa *film* tersebut kaku dan mudah patah. Umumnya struktur *film* lebih lembut, kuat tarik menurun dan persen pemanjangan meningkat. Persen pemanjangan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa *film* lebih fleksibel. Nilai persen pemanjangan yang tinggi mengindikasikan *edible film* yang dihasilkan tidak mudah putus karena mampu menahan beban dan gaya tarik yang diberikan (Isnawati, 2008).

Hasil analisis ragam (Tabel 4) terhadap persen pemanjangan pada *edible film* yang dihasilkan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi lilin lebah tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,05$ ). Konsentrasi lilin lebah tidak mempengaruhi persen pemanjangan menunjukkan bahwa sifat hidrofobik film terhadap air lebih tinggi. Penambahan lipid semakin tinggi akan mempengaruhi kuat tarik, hal ini disebabkan lipid tidak memiliki kelarutan yang baik terhadap air pada saat pembuatan larutan *edible film*. Sifat lipid non polar tidak dapat larut dengan baik pada pelarut air yang bersifat polar. Sehingga ikatan yang terjadi tidak terbentuk dengan baik dan menurunkan nilai persen pemanjangan.

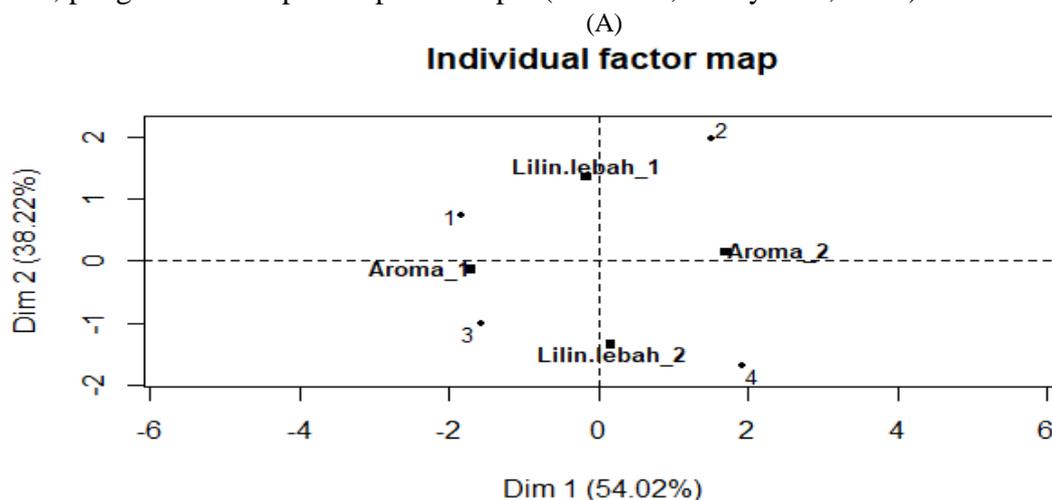


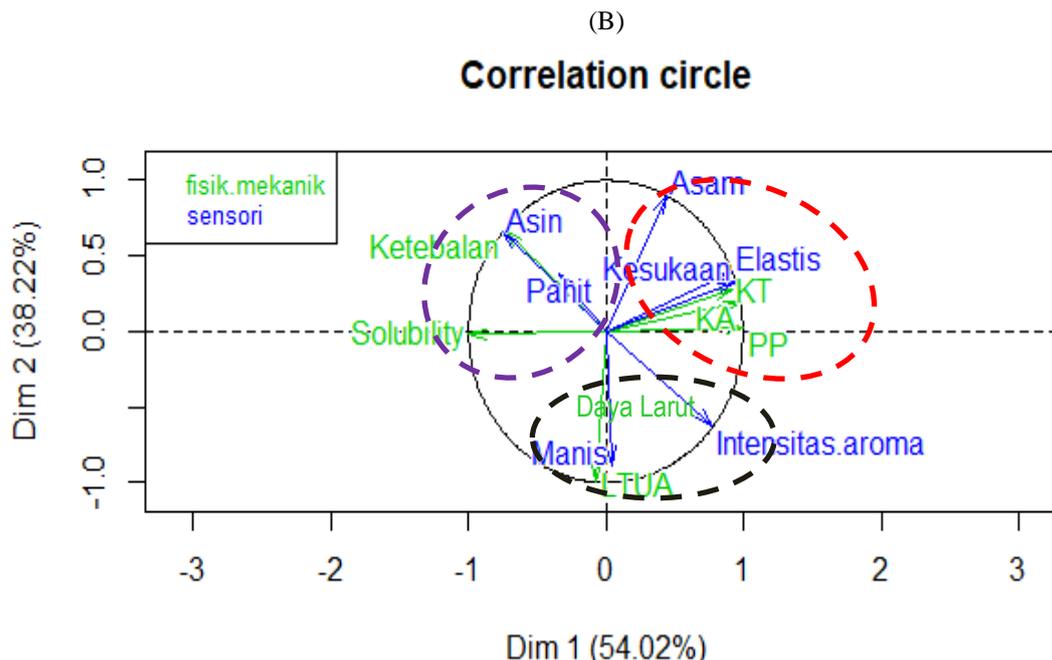
Gambar 14. Pengaruh Konsentrasi Aroma *Butter* terhadap Persen Pemanjangan (%)

Hasil analisis ragam pada *edible film* yang menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi aroma *butter* berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai persen pemanjangan (Tabel 4). Berdasarkan uji independent sample t-tes, penambahan konsentrasi aroma menunjukkan adanya perbedaan nyata (Tabel 4). Gambar 13 menunjukkan bahwa pengaruh *edible film* tanpa penambahan aroma dengan nilai 21,30% memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan *edible film* penambahan aroma *butter* 1% yaitu 71,51%. Penambahan aroma yang memiliki sifat hidrofilik pada *edible film* akan mengurangi gaya antar molekul sepanjang rantai polisakarida sehingga struktur *film* yang dibentuk menjadi lebih halus dan fleksibel. Hal ini sesuai dengan Park, dkk., (1995); Qiu-Ping Zhong, dkk., (2008) yang menjelaskan bahwa molekul hidrofilik dapat dengan mudah masuk di antara rantai-rantai molekul dalam *film* sehingga akan mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan tarik dan persen pemanjangan).

#### IV.2.7 Pengamatan Sensori

Pengamatan organoleptik adalah pengamatan yang didasarkan pada proses penginderaan. Pengamatan organoleptik dilakukan dengan melibatkan indera pembau, perasa, penglihatan dan peraba pada sampel (Herawan, Cindy Dwi, 2015).





Gambar 15. (A) Biplot PCA *Edibe Film* Penambahan Lilin Lebah dan Aroma *Butter* pada berbagai Konsentrasi. Lilin Lebah 1 adalah 0.125% dan Lilin Lebah 2 adalah 0.825%. Aroma 1 adalah Tanpa Penambahan Aroma dan Aroma 2 adalah Penambahan Aroma 1 *Butter* %. (B) Biplot PCA Hubungan Sifat Fisik Mekanik dengan Sensori.

Analisis PCA digunakan untuk mengetahui sifat-sifat fisik, mekanik dan sensori yang dominan pada masing-masing penambahan aroma dan lilin lebah serta mengelompokkan perlakuan penambahan aroma *butter* dan lilin lebah tersebut berdasarkan pada kemiripan sifat-sifat fisik, mekanik dan sensori yang dikandung. Gambar 14 (A) menjelaskan bahwa PC 1 dapat dengan jelas memisahkan penambahan lilin lebah 0.825% dan aroma *butter* 1%, dimana penambahan lilin lebah 0,825% dan aroma 1% berada pada sebelah kanan PC1, sedangkan penambahan lilin lebah 0,125% dan tanpa aroma berada di sebelah kiri PC1. Gambar 14 (B) menjelaskan bahwa *edible film* dengan penambahan lilin lebah 0,825% dan aroma *butter* 1% berada di daerah positif PC1 yang dicirikan oleh sifat sensori sebagai berikut elastis, rasa asam dan kesukaan yang tinggi dan memiliki sifat fisik mekanik seperti kadar air, kuat tarik dan persen pemanjangan yang tinggi. Selain itu, dua atribut sensori lainnya yaitu intensitas aroma dan manis berada pada daerah positif PC1. Sementara itu *edible film* dengan penambahan lilin lebah 0.125% dan aroma *butter* 1% berada didaerah positif PC2 yang dicirikan oleh sifat sensori sebagai berikut rasa asin dan pahit serta memiliki sifar fisik mekanik seperti *film* yang tebal. Dua sifat fisik mekanik seperti daya larut air dan laju transmisi uap air (LTUA) berada pada daerah negatif dari PC2 yaitu *edible film* dengan penambahan lilin lebah 0,825% dan tanpa aroma. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara variabel dan contoh secara keseluruhan. Jarak

antara titik variabel menunjukkan hubungan diantara variabel. Titik-titik sampel yang berdekatan menunjukkan bahwa contoh-contoh tersebut sama, sedangkan titik-titik sampel yang berjauhan menunjukkan hal yang sebaliknya (Setyaningsih, dkk., 2010).

Penerimaan sensori pada *edible film* penambahan aroma *butter* menghasilkan persepsi yang lebih tinggi terhadap elastis, rasa asam, rasa asin, rasa pahit, rasa manis dan kesukaan yang tinggi sedangkan sifat fisik mekanik dicirikan oleh sifat kadar air, ketebalan, kuat tarik dan persen pemanjangan yang tinggi. Intensitas aroma pada *film* yang telah ditambahkan aroma *butter* 1 ml cenderung lebih kuat dibandingkan *edible film* tanpa penambahan aroma. Hal ini disebabkan oleh perlakuan penambahan konsentrasi aroma *butter* sebanyak 1 ml memberikan pengaruh sensori terhadap *edible film*. *Edible film* yang telah ditambahkan aroma *butter* cenderung memiliki penerimaan sensori yang lebih tinggi karena aroma terdiri dari beberapa komponen penyusun sehingga memberikan pelepasan volatil serta penerimaan sensori yang signifikan terhadap produk yang diberikan. *Edible film* tanpa penambahan aroma tidak menghasilkan persepsi terhadap sensori akan tetapi dicirikan oleh sifat fisik mekanik daya larut air dan laju transmisi uap air. Komponen penyusun *edible film* tanpa penambahan aroma yang melewati berbagai proses dalam pembuatan *film* sehingga adanya rasa yang dominan pada *film* menyebabkan tidak adanya rasa yang dominan pada *film*.

## V. PENUTUP

### V.1. Kesimpulan

1. *Edible film* dengan penambahan konsentrasi lilin lebah 0,125% merupakan *edible film* terbaik dengan karakteristik yaitu daya larut air 11,386 %, laju transmisi uap air 0,09 gram/jam.m<sup>2</sup>, ketebalan 0,21 mm, kuat tarik 8,87 MPa dan persen pemanjangan 47,15 %.
2. *Edible film* dengan penambahan konsentrasi aroma *butter* 1% merupakan *edible film* terbaik dengan karakteristik yaitu kadar air 47,918 %, daya larut air 12,690 %, laju transmisi uap air 0,11 gram/jam.m<sup>2</sup>, kuat tarik 12,52 MPa, persen pemanjangan 71,51 %.
3. Analisis PCA menunjukkan bahwa *edible film* dengan penambahan lilin lebah 0.125% dan aroma *butter* 1% dicirikan oleh sifat sensori yaitu rasa asin dan pahit serta memiliki sifat fisik mekanik seperti *film* yang tebal. *Edible film* dengan penambahan lilin lebah 0,825% dan tanpa aroma dicirikan oleh sifat fisik mekanik seperti daya larut air dan laju transmisi uap air. Sementara itu, *edible film* dengan penambahan lilin lebah 0,825% dan aroma *butter* 1% dicirikan oleh sifat sensori yaitu elastis, rasa asam, rasa manis, intensitas aroma yang tinggi dan kesukaan yang tinggi serta dicirikan oleh sifat fisik mekanik seperti kadar air, kuat tarik dan persen pemanjangan yang tinggi.

### V.2. Saran

Saran dalam penelitian ini adalah dilakukan pengujian senyawa volatil pada *edible film* dengan penambahan aroma sehingga diketahui komponen volatil yang dominan pada *film* tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aichholz, R., E. Lorbeer. 1999. *Investigation of comb wax of honeybees with hightemperature gas chromatography and high-temperature gas chromatography-chemical ionisation mass spectrometry*. I. High-temperature gas chromatography. *J. Chromatogr.* 855, 601-615.
- Ahmadi R., A. Kalbasi-Ashtari, A. Oromiehie, Yarmand, Jahandideh. 2012. *Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (Plantago ovata Forsk)*. *Journal of Food Engineering.* 109 (4) : 745-751.
- Al-Awwaly, K.U., A. Manab dan E. Wahyuni. 2010. *Pembuatan Edible film protein whey: kajian rasio protein dan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia, Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak* 5 (1) : 45-56.
- Almeida, K. E., A. Y. Tamime, dan M. N. Oliviera. 2008. *Acidification rates of probiotic in Minas frescal cheese whey*. *LWT*,41: 311-316.
- Anker M., J. Bernsten, A. M. Hermansson, M. Stading. 2003. *Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride*. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2002 ; 3 : 81-92.
- Ansel, H.C. 2005. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi*. (Edisi VII). Penerjemah: Farida Ibrahim. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Association of Analytical Chemist Publiser (AOAC). 1983. *Official Methods of Analysis*. 16th edition. New York: Arlington, Inc.
- Ayranci E, dan S. Tunc. 2003. *A method dor the measurement of oxygen permeability and development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods*. *Journal Food Chem* 80 : 423-431.
- Baker, R. A., E. A. Baldwin dan M. O. Nisperos-Carriedo. 1997. *Edible coatings and films for processed foods*. In Krochta, J.M., Balwin, E. A. and Niperos-Carriedo M.O. (Eds.). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, p. 89-104. Lancaster, Basel: Technomic Publishing.
- Bergenstahl, B. 1997. *Physicochemical Aspects of an Emulsifier Functionality*. Di dalam. G.L. Hassenhuettl and R.W. Hartel (ed.). *Food Emulsifiers and Their Applications*. Chapman and Hall. New York.
- Bourtoom, T. 2009. *Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan*. *Songklanakarinn J, Sci, Technol*, Vol 30 (Suppl.1), 149-165.
- Chang, K. C., N. Dhurandhar, X. You dan A. Miyamoto. 1994. *Cultivar / Location and Processing Methods Affect The Quality of Sun Flower Pectin*. *J. Food Sci.*, 59 : 602-612.

- Darni, Y dan H. Utami. 2010. *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* ISSN 1412-5064, 7 (4 ): 88-93.
- Deberaufort, F., M. Martin Polo dan A. Voiley. 1993. *Polarity homogeneity and structure affect water vapor permeability of model Edible film*. *J. Food Sci.* 58 : 426–434.
- Donhowe, G. dan O. Fennema. 1994. *Edible film and coating: Characteristic, formation, definitions and testing methods*. Didalam Krochta, J.M., E. A. Baldwin dan M. O., Nisperos-Carriedo, (eds.). *Edible Coating and Film to Improve Food Quality*. Technomic Publ. Co. Inc. Lancaster, Pennsylvania. 378 pp.
- Embuscado, M.E. dan K. C. Huber. 2009. *Edible films and Coatings for Food Applications*. Springer. New York.
- Estiningtyas, H. R. 2010. *Aplikasi Edible film Maizena Dengan Penambahan Ekstrak Jahe Sebagai Antioksidan Alami Pada Coating Sosis Sapi*. Skripsi, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Fitriani, V. 2003. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Jeruk Lemon (Citrus medicavar Lemon)*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Galus S, A. Lenart. 2013. *Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin*. *Journal of Food Engineering*. 115 (4) : 459-465.
- Gounga, M. E., S. Y. Xu dan Z. Wang. 2007. *Whey protein isolate-based Edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation*. *J. Food Eng.* 83 (4) : 521-530.
- Gontard, N., S. Guilbert. 1993. *Water and Glycerol as Plasticizers Effect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of Edible Wheat Gluten Film*. *J. Food Sci.* 57. 190-195.
- Glicksman, M. 1969. *Food Hydrocolloids*. CRC Press Inc. Florida .
- Hakim, Q. 2015. *Karakteristik Edible film Dari Whey Dangke Yang Ditambahkan Level Agar Yang Berbeda*. Skripsi. Fakultas Peternakan. Unhas.
- Hargrove, J.L., P. Greenspan dan D. K. Hartle. 2004. *Nutritional significance and metabolism of very long chain fatty alcohols and acids from dietary waxes*. *Exp. Biol. Med.* 229, 215-226.
- Harris, H. 2001. *Kemungkinan penggunaan Edible film dari tapioka untuk pengemas lempuk*. *Jurnal Pertanian Indonesia*. 3(2): 99-106.
- Hariyati, M. N. 2006. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor: Bogor.

- 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.
- Huri, D. dan Fithri C. N. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Edible film*. Jurnal Pangan dan Agroindustri 2 No. 4 (2014).
- Herawan dan D. Cindy. 2015. *Sintesis dan Karakteristik Edible Film dari Pati Kulit Pisang dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax)*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2015.
- Isnawati, R. 2008. *Kajian Rasio Mentega dan Kitosan dalam Edible Film Protein Pollard Terhadap Sifat Fisik Telur Ayam*, Skripsi, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Malang.
- Jacob, dkk. 2014. *Pembuatan Edible film dari pati buah linduk dengan penambahan gliserol dan karaginan*. JPHPI 17, No.1 (2014).
- Javamard, M. 2009. *Biodegradable Whey Protein Edible films as a New Biomaterials for Food and Drug Packaging*. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences. 5(3):129-134.
- Jenie, B. S. L. dan W. P. Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Kinzel, B.1992. *Protein-rich edible coatings for foods*. Journal of Agricultural research. May 1992 : 20-21.
- Kusbianto, Bram, dkk. 2011. *Kajian perubahan flavour buah durian terolah minimal berlapis edibel selama penyimpanan*. Journal of Agriculture Technology. IPB.
- Kusumah dan Andarwulan. 1989. *Prinsip Teknologi Pangan*. Jakarta: Rajawali Press.
- Kusumawati, dkk. 2013. *Karakteristik fisik dan kimia Edible film pati jagung yang diikorporasi dengan perasan temu hitam*. Jurnal pangan dan agroindustry 1, No. 1.
- Krochta, J. M. 1992. *Control of mass transfer in foods with edible coatings and film*. In: R.P. Singh and M.A. Wirakartakusumah (Eds). Advances in Food Engineering. Boca Raton:CRC Press.
- Krochta dan D. M., Johnston. 1997. *Edible and Biodegradable Polymers Film: Changes & Opportunities*. Food Technology (51).
- Lawless, H. dan H. Heymann. 2010. *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices Second Edition*. Springer, New York.
- Liu, Z. dan J. H. Han. 2005. *Film Forming Characteristics of Starches*. J. Food Science. 70(1):E31-E36.

- Marcuzzo E., A. Sensidoni, F. Debeaufort dan A. Voilley. (2010). *Encapsulation of aroma compounds in bioporic emulsion based Edible films to control flavor release*. Carbohydrate Polymer. 80, 984-988.
- Mehyar, G. F. dan J. H. Han. (2004). *Physical and mechanical properties of high amylosa rice and pea starch films as affected by relative humidity and plasticizer*. Journal of Food Science 69 (9): E449-E454.
- Nurliyani, L. 2010. *Laktosa sebagai ingridien pangan*. Food Review.5 (6) : 39-43.
- Pardede, E. 2013. *Edible Coatings for Fruit and Vegetables*. University of Goettingen. Germany.
- Park, H. J. dan M. S. Chinnan. 1995. *Gas and Water Vapor Barrier Properties of Edible film From Protein and Cellulosa Materials*. Journal of Food Eng. Vol 25. p.497.
- Pawliszyn P, B. Pawliszyn dan M. Pawliszyn. 1997. *Solid phase microextraction. The chemical educator*. Springer-verlag, 2, 4, New York.
- Pietta P. G., C. Gardana, dan A. M. Pietta. 2002. *Analytical Methods for Quality Control of Propolis*. Fitoterapia 73 Suppl 1 ; S7-20.
- Prasetyaningrum, A., N. Rokhati, D. N. Kinasih dan F. D. N. Wardhani. 2010. *Karakterisasi bioactive edible film dari komposit alginat dan lilin lebah sebagai bahan pengemas makanan biodegradable*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN : 1411 – 4216.
- Prihatiningsih, N. 2000. *Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Asam Palmitat Terhadap Ketebalan Film dan Sifat Mekanik Edible film dari Zein*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Qiu-Ping Z. dan X. Wen-Shui. 2008. *Physicochemical Properties of Edible film and Preservative Film from Chitosan/ Cassava/Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol*. J. Food Technol. Biotechnol 46 (3). p.262-269.
- Sahari. M. A., A. Akbarian dan M. Hamedi. 2002. *Effect of Variety and Acid Washing Method on Extraction Yield and Quality of Sunflower Head Pektin*. J. Food Chemistry, 83:43-47.
- Santoso, B., dkk. 2011. *Pengembangan Edible Film Dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*. J.Teknol. dan Industri Pangan. Vol. XXII (2): 105-109.
- Sanyang, M. L., S. M. Sapuan, M. Jawaid, M. R. Ishak dan J. Sahari. 2015. *Effect of glycerol and sorbitol plasticizers on physical and thermal properties of sugar palm starch based films*. Recent Advances in Environment, Ecosystems, and Development. Vol. 6:157-162.
- Setyaningsih, D., A. Apriyantono dan M. P., Sari. 2010. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Argo*. Bogor: IPB Press.

- Soemartini. 2008. *Principal Component Analisis (PCA) sebagai salah satu metode untuk mengatasi masalah multikolinearitas*. [skripsi]. Bandung: Jurusan Statistika Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjadjaran.
- Scott, R. 1986. *Cheesemaking Practise*. 2nd Ed. Elsevier Applied Science, London dan New York.
- Shkenderov, S., T. Ivanov. 1983. *The Bee Products (in Bulgarian)*. Zemizdat (Abstract in Honey bibliography): 1-238.
- Staszewski, M. dan R. J. Jagus. 2008. *Natural antimicrobial; Effects of Microgard<sup>TM</sup> and nisin against Listeria Innocua in Liquid cheess whey*. International Dairy Journal, 18, 255-259.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1997. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Vásconez, M. B., S. K. Flores, C. A. Campos, J. Alvarado dan L. N. Gerschenson. 2009. *Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based Edible films and coatings*. Food Res. Intl. 42: 762-769.
- Vinderola, C. G., M. Gueimonde, T. Delgado, J. A. Reinheimer dan C. G. Gavilan. 2000. *Characteristics carbonated fermented milk and survival of probiotik bacteria*. Internasional Dairy Journal, 10-213-220.
- Winarno, F. G. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*. M-Brio Press, Bogor.
- Winarno, F. G. 2007. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT : Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Winarti, Christina, dkk. 2018 *Teknologi Produksi Dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati*. Jurnal Litbang pert 31, No. 3.
- Wu L. C dan R. P. Bates. 1973. *Soy protein-lipid films. Optimation of Film Formation*. J. of Food Sci. 37: 40-44.
- Yulianti, R. dan E. Ginting. 2012. *Perbedaan karakteristik fisik Edible film dari umbi-umbian yang dibuat dengan penambahan plasticizer*. Balai penelitian tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 31(2): 131-136.
- Zulferiyenni, dkk. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Tapioka Terhadap Karakteristik Biodegradabel Film Berbasis Ampas Rumput Laut*. Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian 19, No. 3.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Perolehan Nilai Kadar Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

<b>Sampel</b>	<b>Ulangan</b>	<b>Kadar Air (%)</b>	<b>Rata-Rata</b>
<b>A1B1C1</b>	1	25,1850	25,3099
	2	25,6849	
	3	25,0600	
<b>A1B1C2</b>	1	49,7700	49,7373
	2	49,6623	
	3	49,7798	
<b>A1B2C1</b>	1	27,8427	26,0192
	2	24,7052	
	3	25,5096	
<b>A1B2C2</b>	1	46,0396	46,0992
	2	46,0942	
	3	46,1638	

**Lampiran 1a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Kadar Air (%)**

<b>Konsentrasi Aroma</b>	<b>Konsentrasi Lilin Lebah</b>		<b>Rata-Rata</b>
	<b>B1</b>	<b>B2</b>	
<b>C1</b>	25,3099	26,0192	25,6646
<b>C2</b>	49,7373	46,0992	47,9183
<b>Rata-Rata</b>	37,5236	36,0592	36,7914

**Lampiran 1b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Kadar Air (%)**

<b>Konsentrasi Lilin Lebah</b>	<b>Konsentrasi Aroma</b>		<b>Rata-Rata</b>
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	
<b>B1</b>	25,3099	49,7373	37,5236
<b>B2</b>	26,0192	46,0992	36,0592
<b>Rata-Rata</b>	25,6646	47,9183	36,7914

**Lampiran 1c. Analisa Sidik Ragam Kadar Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig.
Corrected Model	1506,293 <sup>a</sup>	3	502,098	724,218	0,000
Intercept	16243,307	1	16243,307	2,343E4	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah	6,434	1	6,434	9,281	0,016
Konsentrasi_Aroma	1485,684	1	1485,684	2,143E3	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Konsentrasi_Aroma	14,175	1	14,175	20,445	0,002
Error	5,546	8	0,693		
Total	17755,146	12			
Corrected Total	1511,839	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata

Jika sig < 0.01 = berpengaruh sangat nyata

Jika 0.01 < sig < 0.05 = berpengaruh nyata

Jika sig > 0.05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 1d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Kadar Air (%)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Kadar Air	25,557	0,000	0,207	10	0,840	1,4644833	7,0837955	-14,3191967	17,2481634
			0,207	9,654	0,841	1,4644833	7,0837955	-14,3962923	17,3252590

**Lampiran 1e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Kadar Air (%)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Kadar Air	11.498	0.007	-23.833	10	0.000	-22.2537167	0.9337237	-24.3341827	-
			-23.833	7.875	0.000	-22.2537167	0.9337237	-24.4128441	-

**Lampiran 2. Perolehan Nilai Daya Larut Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

<b>Sampel</b>	<b>Ulangan</b>	<b>Daya Larut Air (%)</b>	<b>Rata-Rata</b>
<b>A1B1C1</b>	1	7,3070	8,4313
	2	11,7910	
	3	6,1960	
<b>A1B1C2</b>	1	14,3434	14,3411
	2	14,3326	
	3	14,3472	
<b>A1B2C1</b>	1	9,1540	9,1158
	2	12,4040	
	3	5,7900	
<b>A1B2C2</b>	1	11,0351	11,0404
	2	11,0533	
	3	11,0329	

**Lampiran 2a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Daya Larut Air (%)**

<b>Konsentrasi Aroma</b>	<b>Konsentrasi Lilin Lebah</b>		<b>Rata-Rata</b>
	<b>B1</b>	<b>B2</b>	
<b>C1</b>	8,4313	9,1158	8,7736
<b>C2</b>	14,3411	11,0404	12,6908
<b>Rata-Rata</b>	11,3862	10,0781	10,7322

**Lampiran 2b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Daya Larut Air (%)**

<b>Konsentrasi Lilin Lebah</b>	<b>Konsentrasi Aroma</b>		<b>Rata-Rata</b>
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	
<b>B1</b>	8,4313	14,3411	11,3862
<b>B2</b>	9,1158	11,0404	10,0781
<b>Rata-Rata</b>	8,7736	12,6908	10,7322

**Lampiran 2c. Analisa Sidik Ragam Daya Larut Air (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig,
Corrected Model	63,075 <sup>a</sup>	3	21,025	4,267	0,045
Intercept	1382,164	1	1382,164	280,477	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah	5,132	1	5,132	1,042	0,337
Konsentrasi_Aroma	46,031	1	46,031	9,341	0,016
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Konsentrasi_Aroma	11,912	1	11,912	2,417	0,159
Error	39,423	8	4,928		
Total	1484,662	12			
Corrected Total	102,498	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata

Jika sig < 0,01 = berpengaruh sangat nyata

Jika 0,01 < sig < 0,05 = berpengaruh nyata

Jika sig > 0,05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 2d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Daya Larut Air (%)**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Daya Larut Air	Equal variances assumed	2,497	0,145	0,726	10	0,484	1,3079833	1,8015347	-2,7060861	5,3220528
	Equal variances not assumed			0,726	8,399	0,488	1,3079833	1,8015347	-2,8122394	5,4282061

**Lampiran 2e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Daya Larut Air (%)**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Daya Larut Air	Equal variances assumed	1,998	0,188	-2,855	10	0,017	-3,9170833	1,3719530	-6,9739852	-0,8601815
	Equal variances not assumed			-2,855	8,493	0,020	-3,9170833	1,3719530	-7,0491176	-0,7850491

**Lampiran 3. Perolehan Nilai Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

Sampel	Ulangan	Laju Transmisi Uap Air (g/jam,m <sup>2</sup> )	Rata-Rata
A1B1C1	1	0,0940	0,1110
	2	0,1135	
	3	0,1256	
A1B1C2	1	0,0819	0,0822
	2	0,0819	
	3	0,0828	
A1B2C1	1	0,1451	0,1429
	2	0,1302	
	3	0,1535	
A1B2C2	1	0,1507	0,1532
	2	0,1535	
	3	0,1553	

**Lampiran 3a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>)**

Konsentrasi Aroma	Konsentrasi Lilin Lebah		Rata-Rata
	B1	B2	
C1	0,1110	0,1429	0,1270
C2	0,0822	0,1532	0,1177
Rata-Rata	0,0966	0,1481	0,1223

**Lampiran 3b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>)**

Konsentrasi Lilin Lebah	Konsentrasi Aroma		Rata-Rata
	C1	C2	
B1	0,111	0,0822	0,0966
B2	0,1429	0,1532	0,1481
Rata-Rata	0,1270	0,1177	0,1223

**Lampiran 3c. Analisa Sidik Ragam Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig,
Corrected Model	0,009	3	0,003	31,205	0,000
Intercept	0,180	1	0,180	1,800E3	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah	0,008	1	0,008	79,543	0,000
Volume_Aroma	0,000	1	0,000	2,601	0,145
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Volume_Aroma	0,001	1	0,001	11,473	0,010
Error	0,001	8	9,977E-5		
Total	0,190	12			
Corrected Total	0,010	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata  
 Jika sig < 0,01 = berpengaruh sangat nyata  
 Jika 0,01 < sig < 0,05 = berpengaruh nyata  
 Jika sig > 0,05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 3d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>)**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Laju Transmisi Uap Air	Equal variances assumed	4,096	0,071	-6,003	10	0,000	-0,0514333	0,0085680	-0,0705240	-0,0323427
	Equal variances not assumed			-6,003	7,387	0,000	-0,0514333	0,0085680	-0,0714799	-0,0313867

**Lampiran 3e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Laju Transmisi Uap Air (g/jam.m<sup>2</sup>)**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Laju Transmisi Uap Air	Equal variances assumed	14,341	0,004	0,512	10	0,619	0,0093000	0,0181466	-0,0311332	0,0497332
	Equal variances not assumed			0,512	7,796	0,623	0,0093000	0,0181466	-0,0327373	0,0513373

**Lampiran 4. Perolehan Nilai Ketebalan (mm) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

Sampel	Ulangan	Ketebalan (mm)	Rata-Rata
A1B1C1	1	0,21	0,22
	2	0,21	
	3	0,22	
A1B1C2	1	0,20	0,20
	2	0,20	
	3	0,20	
A1B2C1	1	0,20	0,20
	2	0,20	
	3	0,20	
A1B2C2	1	0,16	0,16
	2	0,16	
	3	0,16	

**Lampiran 4a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Ketebalan (mm)**

Konsentrasi Aroma	Konsentrasi Lilin Lebah		Rata-Rata
	B1	B2	
C1	0,22	0,20	0,21
C2	0,20	0,16	0,18
<b>Rata-Rata</b>	0,21	0,18	0,20

**Lampiran 4b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Ketebalan (mm)**

Konsentrasi Lilin Lebah	Konsentrasi Aroma		Rata-Rata
	C1	C2	
B1	0,22	0,20	0,21
B2	0,20	0,16	0,18
<b>Rata-Rata</b>	0,21	0,18	0,20

**Lampiran 4c. Analisa Sidik Ragam Ketebalan (mm) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig,
Corrected Model	0,005 <sup>a</sup>	3	0,002	192,000	0,000
Intercept	0,449	1	0,449	5,382E4	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah	0,002	1	0,002	256,000	0,000
Konsentrasi_Aroma	0,002	1	0,002	256,000	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Konsentrasi_Aroma	0,001	1	0,001	64,000	0,000
Error	6,667E-5	8	8,333E-6		
Total	0,453	12			
Corrected Total	0,005	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata

Jika sig < 0,01 = berpengaruh sangat nyata

Jika 0,01 < sig < 0,05 = berpengaruh nyata

Jika sig > 0,05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 4d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Ketebalan (mm)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig,	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Ketebalan	80,000	0,000	2,794	10	0,019	0,02667	0,00955	0,00540	0,04793
			2,794	6,363	0,030	0,02667	0,00955	0,00363	0,04970

**Lampiran 4e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Ketebalan (mm)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Ketebalan	80,000	0,000	2,794	10	0,019	0,02667	0,00955	0,00540	0,04793
Equal variances assumed									
Equal variances not assumed			2,794	6,363	0,030	0,02667	0,00955	0,00363	0,04970

**Lampiran 5. Perolehan Nilai Kuat Tarik (MPa) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

Sampel	Ulangan	Kuat Tarik (MPa)	Rata-Rata
<b>A1B1C1</b>	1	4,29	3,40
	2	4,42	
	3	1,48	
<b>A1B1C2</b>	1	12,56	14,34
	2	18,07	
	3	12,38	
<b>A1B2C1</b>	1	1,81	5,65
	2	0,33	
	3	14,81	
<b>A1B2C2</b>	1	21,09	10,70
	2	10,15	
	3	0,87	

**Lampiran 5a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Kuat Tarik (MPa)**

Konsentrasi Aroma	Konsentrasi Lilin Lebah		Rata-Rata
	B1	B2	
<b>C1</b>	3,40	5,65	4,52
<b>C2</b>	14,34	10,70	12,52
<b>Rata-Rata</b>	8,87	8,18	8,52

**Lampiran 5b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Kuat Tarik (MPa)**

Konsentrasi Lilin Lebah	Konsentrasi Aroma		Rata-Rata
	C1	C2	
<b>B1</b>	3,40	14,34	8,87
<b>B2</b>	5,65	10,70	8,18
<b>Rata-Rata</b>	4,52	12,52	8,52

**Lampiran 5c. Analisa Sidik Ragam Kuat Tarik (MPa) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig,
Corrected Model	219,136 <sup>a</sup>	3	73,045	1,632	0,257
Intercept	871,230	1	871,230	19,463	0,002
Konsentrasi_Lilin_Lebah	1,428	1	1,428	0,032	0,863
Konsentrasi_Aroma	191,684	1	191,684	4,282	0,072
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Konsentrasi_Aroma	26,023	1	26,023	0,581	0,468
Error	358,114	8	44,764		
Total	1448,479	12			
Corrected Total	577,250	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata

Jika sig < 0,01 = berpengaruh sangat nyata

Jika 0,01 < sig < 0,05 = berpengaruh nyata

Jika sig > 0,05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 5d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Kuat Tarik (MPa)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Kuat Tarik	0,989	0,343	0,157	10	0,878	0,689917	4,381102	-9,071788	10,451621
			0,157	9,249	0,878	0,689917	4,381102	-9,180223	10,560057

**Lampiran 5e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Kuat Tarik (MPa)**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Kuat Tarik	0,276	0,611	-2,230	10	0,051	-7,993417	3,584994	-15,981282	-0,005551
			-2,230	9,303	0,052	-7,993417	3,584994	-16,063209	0,076376

**Lampiran 6. Perolehan Nilai Persen Pemanjangan (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Konsentrasi Aroma**

Sampel	Ulangan	Persen Pemanjangan (%)	Rata-Rata
A1B1C1	1	31,60	26,97
	2	31,60	
	3	17,70	
A1B1C2	1	48,20	67,33
	2	94,30	
	3	59,50	
A1B2C1	1	18,00	15,63
	2	11,20	
	3	11,70	
A1B2C2	1	86,67	75,68
	2	70,17	
	3	70,20	

**Lampiran 6a. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Persen Pemanjangan (%)**

Konsentrasi Aroma	Konsentrasi Lilin Lebah		Rata-Rata
	B1	B2	
C1	26,97	15,63	21,30
C2	67,33	75,68	71,51
<b>Rata-Rata</b>	47,15	45,66	46,40

**Lampiran 6b. Nilai Rataan Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Persen Pemanjangan (%)**

Konsentrasi Lilin Lebah	Konsentrasi Aroma		Rata-Rata
	C1	C2	
B1	26,97	67,33	47,15
B2	15,63	75,68	45,66
<b>Rata-Rata</b>	21,30	71,51	46,40

**Lampiran 6c. Analisa Sidik Ragam Persen Pemanjangan (%) dengan Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah dan Aroma**

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F	Sig,
Corrected Model	7859,295 <sup>a</sup>	3	2619,765	14,027	0,001
Intercept	25839,232	1	25839,232	138,349	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah	6,690	1	6,690	0,036	0,855
Volume_Aroma	7562,128	1	7562,128	40,489	0,000
Konsentrasi_Lilin_Lebah * Volume_Aroma	290,477	1	290,477	1,555	0,248
Error	1494,151	8	186,769		
Total	35192,678	12			
Corrected Total	9353,446	11			

Keterangan : <sup>tn</sup>) Tidak Nyata \*) Nyata \*\*) Sangat Nyata

Jika sig < 0,01 = berpengaruh sangat nyata

Jika 0,01 < sig < 0,05 = berpengaruh nyata

Jika sig > 0,05 = tidak berpengaruh nyata

**Lampiran 6d. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Lilin Lebah terhadap Persen Pemanjangan (%)**

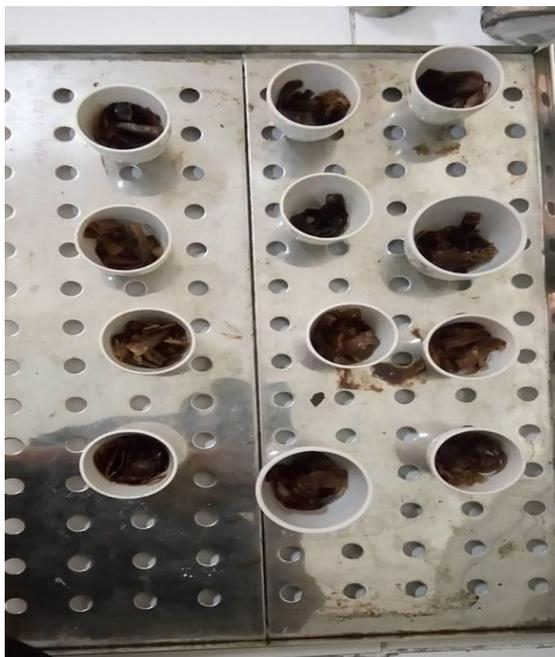
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Persen Pemanjangan	Equal variances assumed	1,944	0,193	0,085	10	0,934	1,49333	17,65102	-37,83559	40,82226
	Equal variances not assumed			0,085	9,607	0,934	1,49333	17,65102	-38,05500	41,04166

**Lampiran 6e. Hasil Uji Independent Samples T-Test Penggunaan Konsentrasi Aroma terhadap Persen Pemanjangan (%)**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Persen Pemanjangan	Equal variances assumed	1,833	0,206	-6,497	10	0,000	-50,20667	7,72726	-67,42408	-32,98925
	Equal variances not assumed			-6,497	7,300	0,000	-50,20667	7,72726	-68,32745	-32,08589

## GAMBAR PENELITIAN

### Lampiran 7. Parameter Penelitian



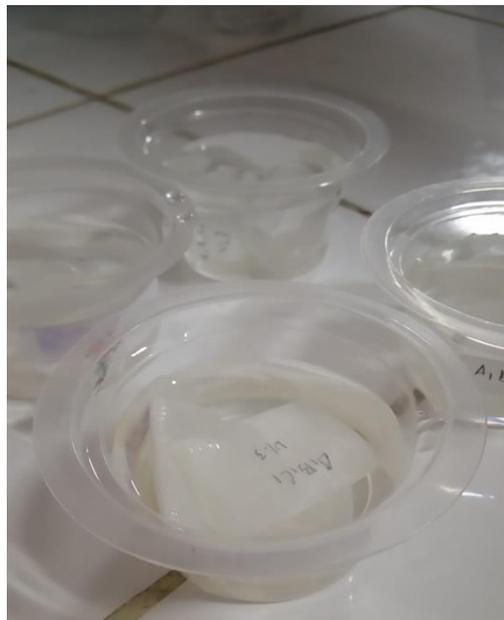
**Sampel Kadar Air Setelah Pengeringan**



**Penimbangan Sampel Kadar Air**



**Sampel Laju Transmisi Uap Air**



**Perendaman Sampel Daya Larut Air**



**Sampel Daya Larut Air Setelah Pengeringan**

**Lampiran 8. Sampel *Edible Film***