

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN KONSENTRASI DAN JENIS  
PLASTICIZER TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM*  
BERBAHAN MIX KAPPA-IOTA KARAGENAN**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI HASIL PERIKANAN**

**JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN**

Oleh :

**ELISA FITRIA RAMADHANI**

**NIM. 105080301111019**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN KONSENTRASI DAN JENIS  
PLASTICIZER TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM*  
BERBAHAN MIX KAPPA-IOTA KARAGENAN**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI HASIL PERIKANAN**

**JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

**Oleh :**

**ELISA FITRIA RAMADHANI**

**NIM. 105080301111019**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

SKRIPSI

PERBANDINGAN PENGGUNAAN KONSENTRASI DAN JENIS *PLASTICIZER*  
TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN MIX KAPPA-IOTA  
KARAGENAN

Oleh :

ELISA FITRIA RAMADHANI  
NIM. 105080301111019

Telah dipertahankan didepan penguji  
Pada tanggal 22 Desember 2014  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No. :

Tanggal :

Dosen Penguji I

Dr. Ir. M. Firdaus, M.P  
NIP. 19680919 200501 1 001  
Tanggal :

Dosen Penguji II

Dr. Ir. Hardoko, M.S  
NIP. 19620108 1998802 1 001  
Tanggal :

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes  
NIP. 19611022 198802 2 001  
Tanggal :

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Happy Nursyam, M.S  
NIP. 19600322 198601 1 001  
Tanggal :

Mengetahui,  
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, M.S  
NIP. 19620805 198603 2 001  
Tanggal:



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (*plagiasi*), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 20 Desember 2014

Mahasiswa

Elisa Fitria Ramadhani  
NIM. 105080301111019

## UCAPAN TERIMA KASIH

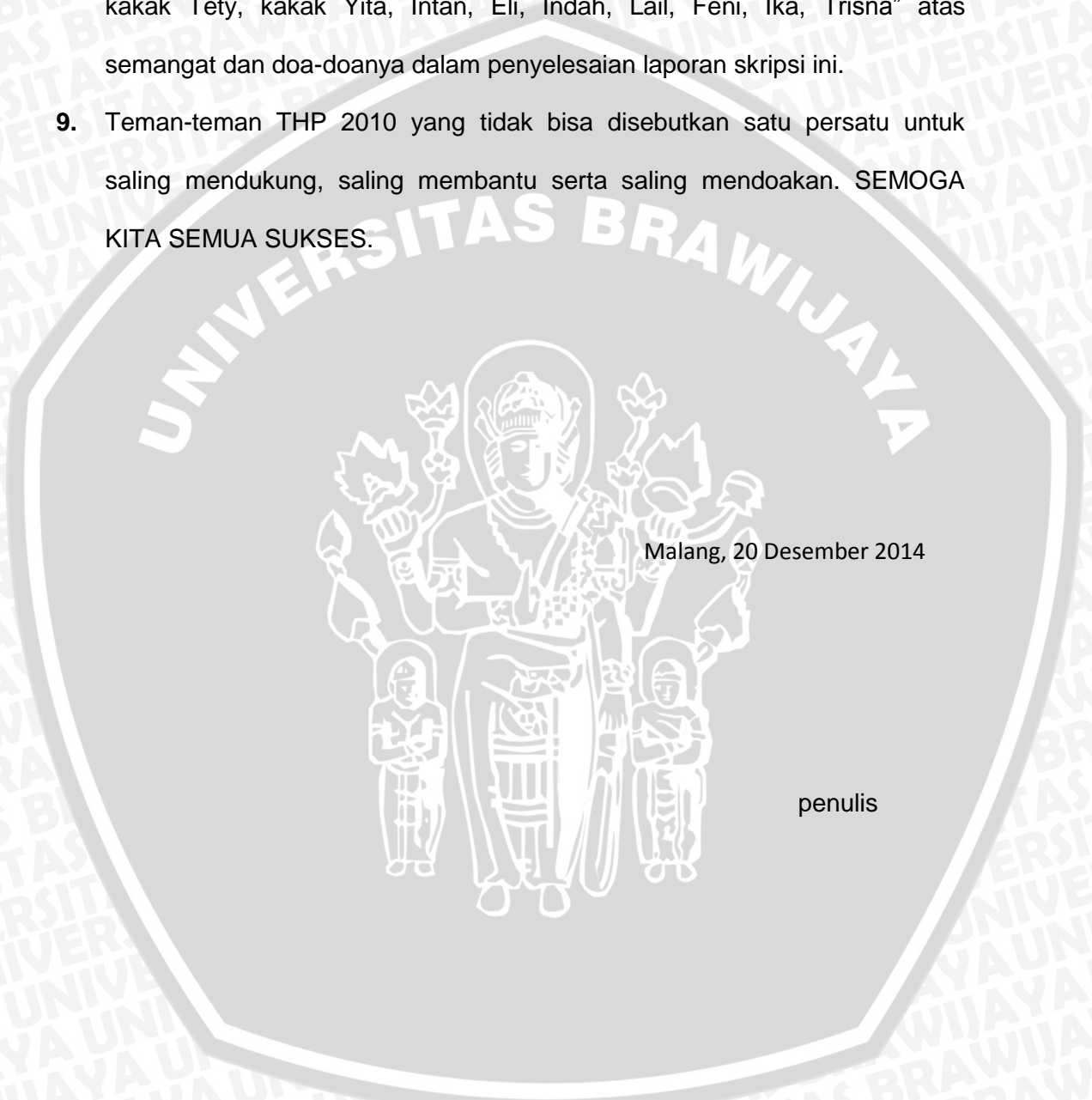
Dalam kesempatan ini penulis tak lupa menyampaikan rasa syukur dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas segala bantuan serta dukungan dari semua pihak yang telah membantu, kepada:

1. Ibu Rumiyatun dan Bapak Salam tercinta yang tak henti-hentinya memberikan do'a, dukungan serta semangatnya hingga laporan skripsi ini selesai.
2. Ibu Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam, M.S selaku dosen pembimbing II yang dengan sangat sabar memberikan bimbingan, petunjuk serta pengarahan dalam penelitian hingga penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. M. Firdaus, M.P selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Ir. Hardoko, M.S selaku dosen penguji II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahannya untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Mas Devi Awaluddin Zuhdi, mbak Lilik Istianah, keponakan Lanang Gumintang yang selalu mendukung dan mendoakan agar diberikan kelancaran dalam pelaksanaan dan pengerjakan laporan skripsi ini.
5. Teman-teman tim *Edible Film* "Rizka Riandini, Afif Abdian, Riva Quryani, dan Maria A.A.W. Wasa" yang telah bersama-sama saling mendukung serta mendorong dalam suka dan dukanya selama penelitian hingga penyelesaian laporan skripsi ini.
6. Spesial untuk "Anggadha Dinar Daniswara", atas semua bantuan, do'a serta segala dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian laporan skripsi ini.

7. Ariyani Prihastuti alias “Bajay”, teman dari ospek sampai sekarang. Yang selalu mendukung dan mendo’akan hingga laporan skripsi ini selesai.
8. Teman-teman Kos Lamhotma “Ana Wardatul Ahmariyah teman sekamarku, kakak Tety, kakak Yita, Intan, Eli, Indah, Lail, Feni, Ika, Trisna” atas semangat dan doa-doanya dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
9. Teman-teman THP 2010 yang tidak bisa disebutkan satu persatu untuk saling mendukung, saling membantu serta saling mendoakan. SEMOGA KITA SEMUA SUKSES.

Malang, 20 Desember 2014

penulis





## RINGKASAN

**ELISA FITRIA RAMADHANI** Perbandingan Penggunaan Konsentrasi Dan Jenis *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Mix Kappa-Iota Karagenan (di bawah bimbingan **Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes** dan **Dr. Ir. Happy Nursyam, M.S**)

---

Rumput laut merah mengandung berbagai polisakarida, mereka disebut polisakarida sulfat karena mengandung sulfat bermuatan negatif. Karagenan adalah pembentuk gel alami polisakarida yang diekstrak dari rumput laut. I-karagenan, yang membentuk gel lembut termoreversibel; dan K-karagenan, yang memberikan gel yang kuat dan rapuh dengan sifat sineresis air. Karagenan juga dapat digunakan sebagai pelapis pangan atau bahan pembentuk *edible film*.

*Edible film* adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan dan digunakan untuk melapisi makanan (*coating*), sebagai *barrier* terhadap transfer massa. *Edible film* yang biasanya dibuat dari bahan hidrokoloid memiliki sifat mekanis yang baik, namun tidak efisien sebagai penahan uap air karena bersifat hidrofil. Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan, *tensile strength*, laju transmisi uap air, dan kadar air.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan penggunaan *plasticizer* gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol terhadap karakteristik *edible film* yang baik dan berapa konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik *edible film* yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan penggunaan tiga *plasticizer* yaitu gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol sebagai *plasticizer* untuk *edible film* dan untuk mengetahui konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik *edible film* yang baik.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh dari variabel lain.

Hasil perlakuan terpilih dari penelitian ini adalah perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> yaitu *edible film* dengan *plasticizer* sorbitol 2% (2 mL). dengan hasil nilai karakteristik yaitu: nilai kadar air 22%, nilai transmisi uap air 2,85 gram/m<sup>2</sup>.24jam, nilai ketebalan 32,45 μm, nilai perpanjangan 7,95%, dan nilai *tensile strength* 11,47 N/mm<sup>2</sup>. Hasil analisa SEM menunjukkan bentuk morfologi permukaan yang halus dan merata. Dari hasil perhitungan menggunakan ANOVA dan uji lanjut Duncan α = 0,05 sebesar 95 % menunjukkan bahwa H<sub>0</sub> ditolak artinya penggunaan tiga *plasticizer* dan konsentrasi yang berbeda dalam pembuatan *edible film* memiliki pengaruh terhadap karakteristik *edible film*.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan 3 jenis *plasticizer* yang berbeda (Gliserol, Sorbitol, dan Polietilen glikol) memberikan pengaruh peningkatan terhadap karakteristik kimia dan fisik *edible film* yaitu kadar air, transmisi uap air, ketebalan, dan perpanjangan. Serta memberikan pengaruh penurunan terhadap sifat *tensile strength* (kuat tarik) pada *edible film*. *Plasticizer* yang terpilih untuk karakteristik *edible film* mix kappa iota karagenan perbandingan 3:1 yaitu 1.5 gram kappa dan 0.5 gram iota adalah *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL).

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi sebagai salah satu syarat kelulusan di Universitas Brawijaya khususnya pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dengan judul 'PERBANDINGAN PENGGUNAAN KONSENTRASI DAN JENIS *PLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN MIX KAPPA-IOTA KARAGENAN". Pada skripsi ini disajikan tulisan dalam pokok-pokok bahasan yang meliputi pendahuluan pada bab I, tinjauan pustaka pada bab II, materi dan metode penelitian pada bab III, hasil dan pembahasan pada bab IV, serta kesimpulan dan saran pada bab V.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti dan cermat, tetapi masih dirasakan banyak kekurangan, maka penulis mengharapkan saran yang membangun untuk tulisan ini agar bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 20 Desember 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
RINGKASAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Hipotesis .....	4
1.5 Kegunaan Penelitian .....	4
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian.....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Rumput Laut.....	5
2.1.1 <i>Eucheuma cottonii</i> .....	5
2.1.2 <i>Eusheuma spinosum</i> .....	6
2.2 Karagenan .....	7
2.2.1 Kappa Karagenan .....	9
2.2.2 Iota Karagenan .....	11
2.3 <i>Edible Film</i> .....	12
2.4 <i>Plasticizer</i> .....	15
2.4.1 Gliserol.....	16
2.4.2 Sorbitol.....	17
2.4.3 Polietilen glikol .....	19
2.5 Mekanisme Penambahan <i>Plasticizer</i> pada <i>Edible Film</i> .....	19
2.6 Parameter Kualitas <i>Edible Film</i> .....	21
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian .....	23
3.1.1 Bahan.....	23
3.1.2 Alat.....	22
3.2 Metode Penelitian .....	24
3.2.1 Penelitian Pendahuluan.....	24
3.2.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan.....	25

3.2.2 Penelitian Utama .....	26
3.2.2.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Utama .....	26
3.2.2.2 Prosedur Penelitian Utama .....	28
3.2.2.3 Parameter Uji.....	28
3.2.2.3.1 Kadar Air .....	28
3.2.2.3.2 Transmisi Uap Air.....	29
3.2.2.3.3 Ketebalan .....	29
3.2.2.3.4 Perpanjangan.....	29
3.2.2.3.5 <i>Tensile Strength</i> .....	30
<b>4. PEMBAHASAN</b>	
4.1 Bahan Baku.....	31
4.1.1 Rumput Laut .....	31
4.1.2 Karagenan.....	31
4.2 Penelitian Pendahuluan .....	32
4.3 Penelitian Utama .....	34
4.4 Sifat Fisik dan Kimia <i>Edible Film</i> .....	35
4.4.1 <i>Tensile Strength</i> .....	35
4.4.2 Perpanjangan.....	37
4.4.3 Transmisi Uap Air.....	39
4.4.4 Ketebalan .....	41
4.4.5 Kadar Air .....	43
4.5 Pemilihan Perlakuan Terbaik.....	45
4.6 Analisa SEM dari Perlakuan Terpilih .....	46
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>



## DAFTAR GAMBAR

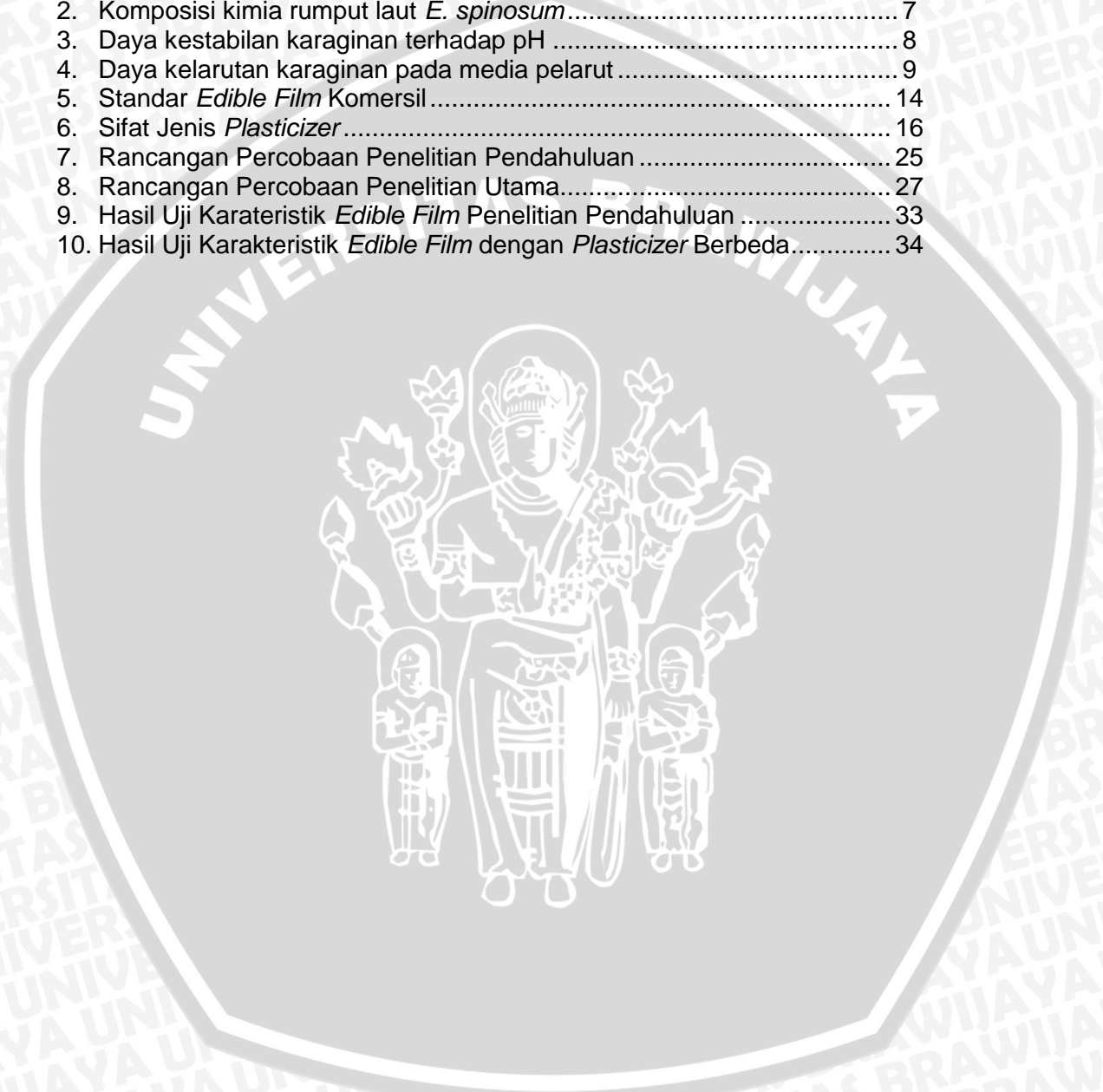
Gambar	Halaman
1. <i>Eucheuma cottonii</i> .....	5
2. <i>Eucheuma spinosum</i> .....	7
3. Gambar Struktur Kappa Karagenan .....	10
4. Gambar Struktur Iota Karagenan .....	11
5. Gambar <i>Edible Film</i> .....	13
6. Gambar Struktur Gliserol .....	17
7. Gambar Struktur Sorbitol .....	18
8. Gambar Struktur Polietilen glikol .....	19
9. Gambar Hasil FTIR Kappa Karagenan.....	32
10. Gambar Hasil FTIR Iota Karagenan .....	32
11. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> terhadap <i>Tensile Strength</i> .....	36
12. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> terhadap Perpanjangan .....	38
13. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> terhadap Transmisi Uap Air.....	40
14. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> terhadap Ketebalan .....	42
15. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> terhadap Kadar Air ..	44
16. Mikrostruktur <i>edible film</i> mix Kappa-Iota Karagenan dengan <i>plasticizer</i> sorbitol konsentrasi 2%. (a) Perbesaran 1000X, (b) Perbesaran 2000X, (c) Perbesaran 3000X.....	47
17. Penampang <i>Edible Film</i> Pati Sukun-Kitosan Formulasi 6:4, Konsentrasi Sorbitol 30 % dengan Perbesaran 5000 x .....	48





## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia rumput laut <i>E. cottonii</i> .....	6
2. Komposisi kimia rumput laut <i>E. spinosum</i> .....	7
3. Daya kestabilan karaginan terhadap pH .....	8
4. Daya kelarutan karaginan pada media pelarut .....	9
5. Standar <i>Edible Film</i> Komersil .....	14
6. Sifat Jenis <i>Plasticizer</i> .....	16
7. Rancangan Percobaan Penelitian Pendahuluan .....	25
8. Rancangan Percobaan Penelitian Utama.....	27
9. Hasil Uji Karakteristik <i>Edible Film</i> Penelitian Pendahuluan .....	33
10. Hasil Uji Karakteristik <i>Edible Film</i> dengan <i>Plasticizer</i> Berbeda.....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Karagenan dari <i>Eucheuma cottonii</i> metode <i>Gel Press</i> .....	54
2. Pembuatan Karagenan dari <i>Eucheuma spinosum</i> metode <i>PNG</i> .....	55
3. Prosedur Penelitian Pendahuluan Pembuatan <i>Edible Film Mix</i> Kappa-lota Karagenan .....	56
4. Prosedur Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan <i>Plasticizer</i> Gliserol, Sorbitol, dan Polietilen glikol .....	57
5. Penelitian Pendahuluan .....	58
5.1 <i>Tensile Strength</i> .....	58
5.2 Perpanjangan .....	60
5.3 Transmisi Uap Air .....	62
5.4 Ketebalan .....	65
6. Penelitian Utama .....	67
6.1 <i>Tensile Strenght</i> .....	67
6.2 Perpanjangan .....	70
6.3 Transmisi Uap Air .....	73
6.4 Ketebalan .....	76
6.5 Kadar Air .....	79
7. Dokumentasi Pembuatan Kappa Karagenan .....	82
8. Dokumentasi Pembuatan Iota karagenan .....	84
9. Dokumentasi Pembuatan <i>Edible Film</i> .....	86
10. Dokumentasi Uji Karakteristik Fisik .....	87
11. Dokumentasi Uji Transmisi Uap Air .....	88
12. Dokumentasi Uji Kadar Air .....	89
13. Dokumentasi Hasil Lembaran <i>Edible Film</i> .....	90



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumput laut adalah tanaman tingkat rendah yang tidak memiliki perbedaan susunan kerangka seperti akar-batang-daun, tetapi sesungguhnya merupakan bentuk thalus belaka. Pada umumnya, alga dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu alga hijau (*Chlorophyceae*), alga hijau biru (*Cyanophyceae*), alga coklat (*Phaeophyceae*) (Winarno 1996). Rumput laut merah mengandung berbagai polisakarida tetapi penting untuk pembuatan agar dan karagenan, mereka disebut polisakarida sulfat karena mengandung sulfat bermuatan negatif. Karagenan merupakan biopolimer linear yang larut air, banyak digunakan sebagai pengental, formulasi stabilizer, atau pembentuk gel dalam aplikasi industri makanan dan untuk farmasi. Karagenan adalah pembentuk gel alami polisakarida yang diekstrak dari rumput laut. Karagenan biasanya diklasifikasikan dalam tiga jenis yaitu:  $\lambda$ -karagenan, yang merupakan galactan sulfat dengan sifat viskositas; I-karagenan, yang membentuk gel lembut termoreversibel; dan K-karagenan, yang memberikan gel yang kuat dan rapuh dengan sifat sineresis air (Larotonda 2007). Menurut (Handito 2011), karagenan juga dapat digunakan sebagai pelapis pangan atau bahan pembentuk *edible film*.

*Edible film* adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan dan digunakan untuk melapisi makanan (*coating*), sebagai *barrier* terhadap transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, dan zat terlarut). *Edible film* ini bersifat *biodegradable* dan dapat dimakan sehingga dapat mengurangi penggunaan kemasan yang *non-degradable* (Wirawan *et al.* 2012). *Edible film* dan *coating* dibuat dari berbagai polimer biologis seperti polisakarida, protein atau lipid (Martins *et al.* 2014).



*Edible film* yang biasanya dibuat dari bahan hidrokoloid memiliki sifat mekanis yang baik, namun tidak efisien sebagai penahan uap air karena bersifat hidrofili. Menurut (Larotonda 2007), *edible film* ditingkatkan dengan penambahan *plasticizer*. Jenis poliol (gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol) adalah yang paling umum digunakan sebagai *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* ini mengurangi daya tarik antarmolekul antara rantai polimer yang berdekatan sehingga fleksibilitas film yang lebih tinggi meskipun terjadi penurunan kekuatan daya tarik.

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan (*thickness*), pemanjangan (*elongation*), dan kekuatan peregangan (*tensile strength*) (Yulianti & Ginting 2012). Menurut (Widyaningsih *et al.* 2012), pengujian fisik yaitu laju transmisi uap air (WVTR). Dan uji kadar air (Sudarmaji *et al.* 2003).

Penelitian pembuatan *edible film* dengan karagenan telah banyak dilakukan, tetapi hanya menggunakan karagenan jenis kappa yang memiliki sifat rapuh. Penelitian yang dilakukan oleh (Huri & Nisa 2014), menunjukkan bahwa pemberian gliserol 10% dan ampas kulit apel 6% dapat menghasilkan karakteristik fisik dan kimia *edible film* paling baik. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Wirawan *et al.* 2012), menunjukkan bahwa *plasticizer* jenis gliserol merupakan *plasticizer* yang paling baik dibandingkan jenis sorbitol. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pencampuran antara kappa dengan iota karagenan. Dimana kedua jenis karagenan ini memiliki sifat yang berbeda, kappa yang memiliki sifat pembentuk gel yang kuat tetapi cenderung rapuh dan rentan sineresis, sedangkan iota karagenan memiliki sifat lemah dalam pembentukan gel tetapi lebih fleksibel dan tidak rentan sineresis. Menurut (Wittaya 2013), *edible film* yang tidak ditambahkan *plasticizer* cenderung memiliki sifat relatif rapuh. Kerapuhan dari *edible film* paling ditentukan oleh kekuatan interaksi

polimer-polimer, yang dikontrol oleh sifat kimia polimer dan penambahan *plasticizer*. *plasticizer* hidrofilik seperti gliserol, polietilen glikol, dan sorbitol biasanya digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik. Tujuan dari pencampuran dua jenis karagenan ini bertujuan untuk lebih menyempurnakan sifat *edible film* yang dihasilkan. Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Afif 2014), bahwa *edible film* dengan konsentrasi *plasticizer* 1% (1 mL) menghasilkan *edible film* dengan karakteristik fisik yang kaku dan rapuh. Sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi *plasticizer* diatas 1% yaitu 2%, 3%, dan 4%. Penelitian yang berjudul "Perbandingan Penggunaan Konsentrasi dan Jenis *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Mix Kappa-Iota Karagenan" bertujuan untuk menentukan jenis *plasticizer* (gliserol, sorbitol, polietilen glikol) dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat terhadap karakteristik fisik *edible film* yang berbahan mix kappa-iota karagenan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana perbandingan penggunaan *plasticizer* gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol terhadap karakteristik *edible film* yang baik dan berapa konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik *edible film* yang baik.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan penggunaan tiga *plasticizer* yaitu gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol sebagai *plasticizer* untuk *edible film* dan untuk mengetahui konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteistik *edible film* yang baik.



#### 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah:

$H_0$  : Diduga penggunaan tiga *plasticizer* dan konsentrasi yang berbeda dalam pembuatan *edible film* tidak memiliki pengaruh terhadap karakteristik *edible film*.

$H_1$  : Diduga penggunaan tiga *plasticizer* dan konsentrasi yang berbeda dalam pembuatan *edible film* memiliki pengaruh terhadap karakteristik *edible film*.

#### 1.5 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang penggunaan *plasticizer* yang tepat terhadap karakteristik *edible film* yang baik yang berbahan mix kappa-iota karagenan.

#### 1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perkayasaan Hasil Perikanan Universitas Brawijaya, Laboratorium Hydrobiologi Universitas Brawijaya, Laboratorium Nutrisi Ikan Universitas Brawijaya, Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional, Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya, dan Laboratorium Fisika Material Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada Februari - Juni 2014.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut

#### 2.2.1 *Eucheuma cottonii*

*Eucheuma cottonii* merupakan salah satu jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*) penghasil karagenan. Jenis karagenan yang dihasilkan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah *kappa-karagenan*, sehingga jenis ini secara taksonomi dinamai *Kappaphycus alvarezii*. Nama '*cottonii*' umumnya lebih dikenal dan umumnya dipakai dalam dunia perdagangan internasional (Rismawati 2012). Gambar *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. *Eucheuma cottonii***  
Sumber: Dokumentasi penelitian

Adapun klasifikasi *Eucheuma cottonii* menurut Cholik *et al.* (2005)

sebagai berikut:

Phyllum	: Hallophyta
Kelas	: Gigartinales
Ordo	: Gigartinales
Familia	: Solietiaceae
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Spesies	: <i>Eucheuma cottonii</i> atau <i>Kappaphycus alvarezii</i>

Menurut Cholik *et al.* (2005), ciri-ciri *Eucheuma cottonii* atau *Kappaphycus alvarezii* yaitu thallus berbentuk silinder, permukaan licin, kenyal; berwarna hijau, kuning, abu-abu atau merah dan berduri; thallus bercabang ke berbagai arah dengan cabang-cabang utama terpusat di daerah pangkal; dan

tumbuh melekat pada substrat alat cakram. Komposisi kimia rumput laut *Euचेuma cottonii* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi kimia rumput laut *Euचेuma cottonii*

Komponen	Jumlah
Protein (%)	0,7
Lemak (%)	0,2
Abu (%)	3,4
Serat pangan tidak larut (g/100g)*	58,6
Serat pangan larut (g/100g)*	10,7
Mineral Zn (mg/g)	0,01
Mineral Mg (mg/g)	2,88
Mineral Ca (mg/g)	2,80
Mineral K (mg/g)	87,10
Mineral Na (mg/g)	11,93

Sumber : (Ulfah 2009)

### 2.2.2 *Euचेuma spinosum*

*Euचेuma spinosum* atau *E. denticulatum* di daerah beberapa dikenal dengan nama *agar-agar patah tulang*. Jenis ini tumbuh tersebar di perairan Indonesia pada dasar yang berbatu, air jernih dengan salinitas 28-36 ppt, ada arus atau tekanan gerakan air dan cukup sinar matahari. Upaya budidaya telah dilakukan dan telah menjadi komoditi ekspor. Di dalam negeri, rumput laut ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan, sayuran dan lalapan seperti yang dijumpai di Lombok Barat dan Jawa Barat (Wibowo 2014).

Klasifikasi *Euचेuma spinosum* menurut Cholik *et al.* (2005), adalah sebagai berikut:

Phyllum	: Hallophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Familia	: Solieriaceae
Genus	: <i>Euचेuma</i>
Spesies	: <i>Euचेuma spinosum</i>

Gambar *Euचेuma spinosum* dapat dilihat pada Gambar 2.





**Gambar 2. *Eucheuma spinosum***  
**Sumber: Dokumentasi penelitian**

Menurut Cholik *et al.* (2005), ciri-ciri *Eucheuma spinosum* yaitu thallus silendris, licin dan kenyal (cartilagenous); berwarna coklat tua, hijau coklat, hijau kuning atau merah ungu; spesies ini memiliki duri-duri yang tumbuh berderet, melingkari thallus dengan interval yang bervariasi sehingga terbentuk ruas-ruas thallus di antara lingkaran duri; dan ujung percabangan meruncing. Komposisi kimia rumput laut *Eucheuma spinosum* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi kimia rumput laut *Eucheuma spinosum*

Komponen	Jumlah
Air (%)	12,90
Protein kasar (%)	5,12
Lemak (%)	0,13
Karbohidrat (%)	13,38
Serat kasar (%)	1,39
Abu (%)	14,21
Kalsium (ppm)	52,85
Besi (ppm)	0,108
Tembaga (ppm)	0,768
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/100 g)	0,21
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/100 g)	2,26
Vitamin C (mg/100 g)	43,00
Karagenan (%)	65,75

Sumber : (Ulfah 2009)

## 2.2 Karagenan

Karagenan adalah istilah kolektif untuk polisakarida yang diekstraksi dari spesies rumput laut merah tertentu dari keluarga *Rhodophyceae*. Sumber



umumnya yaitu *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii*, *Girgantina* spp dan *Chondrus crispus*. Dalam hal struktur kimia, ada 4 jenis ekstrak karagenan yaitu: kappa I, kappa II, iota, dan lamda. Rumput laut yang berbeda maka akan menghasilkan jenis karagenan yang berbeda, dengan satu jenis yang lebih dominan dalam setiap spesies rumput laut. Kappa dan iota karagenan murni dapat diproduksi dengan potassium chloride precipitation. Karagenan terdiri dari unit bolak balik galaktopyranosyl dimer yang dihubungkan oleh b-(1→4) dan a-(1→3) ikatan glikosidik. Unit gula sulfat baik di C-2, C-3 atau C-6 dari galaktosa atau C-2 unit anhidro galaktosa. Struktur karagenan mirip dengan struktur agar, kecuali kehadiran 3,6-anhidro- d-galakstosa bukan 3,6-anhidro- l –galaktosa unit ditemukan di agar dna kehadiran kelompok sulfat di karagenan (Embuscado & Huber 2009).

Sumber karagenan untuk daerah tropis adalah dari spesies *Kappaphycus alvarezii* yang menghasilkan kappa karagenan, *Eucheuma spinosum* yang menghasilkan iota karagenan. Kedua jenis rumput laut tersebut banyak terdapat di sepanjang pantai Filipina dan Indonesia. Sebagian besar karagenan sebetulnya seperti daun parsley, dan hidup pada kedalaman sekitar 3 meter (Winarno 1996). Daya kestabilan pH dan daya kelarutan karagenan pada berbagai media pelarut tercantum pada Tabel 3. dan Tabel 4.

**Tabel 3.** Daya kestabilan ketiga jenis karagenan terhadap perubahan pH

Stabilitas	Kappa	Iota	Lambda
<b>Pada keadaan pH netral dan alkali</b>	Stabil -Terhidrolisis bila dipanaskan -Stabil dalam keadaan gel	Stabil -Terhidrolisis dalam bentuk gel	Stabil -Terhidrolisis

Sumber : (Kasim 2013)

**Tabel 4.** Daya kelarutan karagenan pada berbagai media pelarut

Medium	Kappa	Iota	Lambda
<b>Air panas</b>	Larut di atas 60°C	Larut di atas 60°C	Larut
<b>Air dingin</b>	Garam natrium larut, Garam K, Ca, tidak larut	Garam Na, larut garam Ca	Larut
<b>Susu panas</b>	Larut	Larut	Larut
<b>Susu dingin</b>	Garam Na, Ca, K tidak larut tetapi akan mengembang	Tidak larut	Larut
<b>Larutan pekat gula</b>	Panas, larut	Larut, sukar	Larut, panas
<b>Larutan pekat garam</b>	Tidak larut	Larut, panas	Larut, panas

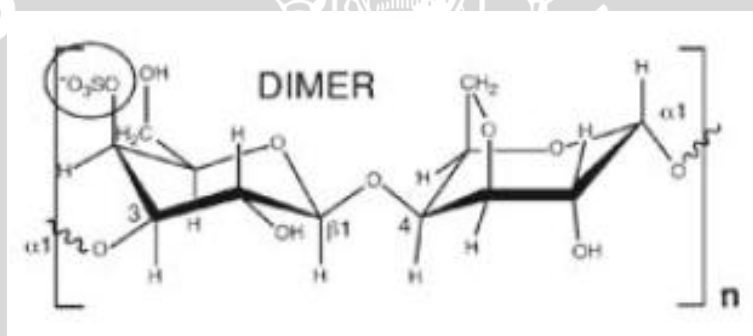
Sumber : (Kasim 2013)

### 2.3.1 Kappa Karagenan

Kappa karagenan tersusun dari ikatan 1,3 D-galaktosa-4 sulfat. Rasio D-galaktosa, 3,6 anhidro-D-galaktosa dan gugus ester sulfat adalah 5 : 6 : 7. Secara teoritis kandungan 3,6, anhidro-D-galaktosa pada karagenan adalah 35%. Kappa karagenan mengandung lebih dari 34% 3,6-anhidro-D-galaktosa dan 25% ester sulfat (Pebrianata 2005). Struktur ideal kappa karagenan terdiri dari ikatan 1-3 galaktosa 4-sulfat dengan ikatan 1-4 3,6 anhidro-D-galaktosa (Tamaela & Lewerissa 2008). Adanya gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari karagenan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeliminasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan terbentuknya 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat kederagaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah (Winarno 1996). Peningkatan kandungan unit 3,6-anhidro-D-galaktosa akan menyebabkan peningkatan sensitivitas terhadap ion kalium yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan gel dari karagenan. Kappa karagenan yang baik mempunyai kandungan 3,6-anhidro-D-galaktosa yang hampir mendekati 35% (Ulfah 2009).

Menurut Larotonda (2007), K-karagenan hanya memiliki satu muatan negative per disakarida dengan kecenderungan untuk membentuk gel yang kuat dan kaku. K-karagenan mempunyai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan film dari  $\lambda$ -karagenan dan  $\iota$ -karagenan. Menurut (Fonkwe *et al.* 2005), kappa karagenan dikenal untuk membentuk gel yang kuat di hadapan kation kalium. Namun, kappa karagenan cenderung membentuk gel yang rapuh dan sineresis (eksudasi dari bagian cair dan gel). Menurut Embuscado & Huber (2009), kappa karagenan memiliki sulfat paling sedikit yaitu 25% konten ester sulfat.

Menurut Embuscado & Huber (2009), struktur molekul kappa karagenan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur Kappa Karagenan

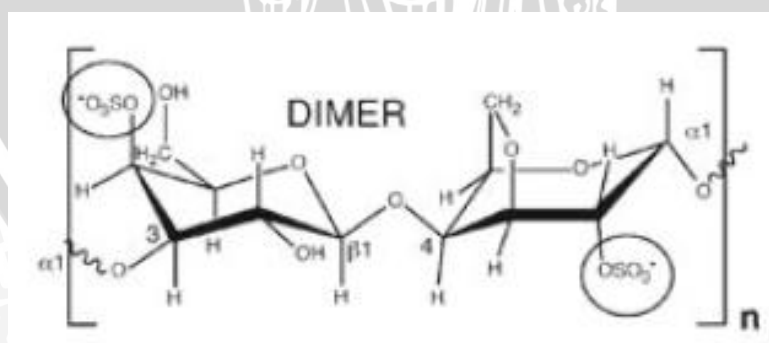
Menurut Pebrianata (2005), kappa karagenan jika dimasukkan ke dalam air dingin akan membesar membentuk sebaran kasar yang memerlukan pemanasan sampai 70°C untuk melarutkannya. Suhu pembetukan gel dan kualitas gel dipengaruhi oleh konsentrasi, jumlah dan adanya ion-ion logam seperti  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Sr^{++}$  dan  $Ba^{++}$ . Secara umum karagenan membentuk gel yang keras pada suhu antara 45°C dan 65°C dan meleleh kembali jika dinaikkan sampai 10-20°C dari suhu yang telah ditetapkan tadi. Gel yang lebih lemah terbentuk jika terdapat ion  $NH_4^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Sr^{++}$  dan  $Ba^{++}$ . Kappa karagenan mempunyai tipe gel yang *rigid* atau mudah pecah dicirikan dengan tingginya sineresis, yaitu adanya aliran cairan pada permukaan gel. Aliran ini berasal dari



pengerutan gel sebagai akibat meningkatnya gumpalan pada daerah penghubung. Sineresis tergantung pada konsentrasi kation-kation yang ada dan harus dicegah dalam jumlah yang lebih berlebih. Gel yang terbentuk dari kappa karagenan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak.

### 2.3.2 Iota Carragenan

Iota karagenan merupakan jenis karagenan dengan kandungan sulfat berada di antara lambda dan kappa karagenan. Iota karagenan dapat membentuk gel dengan sifat yang elastis. Iota karagenan ditandai dengan adanya ikatan 1,3-D-galaktosa-4-sulfat dan ikatan 1,4 dari unit 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat. Iota karagenan terbentuk karena hilangnya sulfat pada atom C<sub>6</sub> dari nu-karagenan sehingga terbentuk 3,6-anhidro-D-galaktosa yang selanjutnya menjadi iota karagenan (Ulfah 2009). Gugusan 2-sulfat ester tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti halnya kappa karagenan. Iota karagenan sering mengandung beberapa gugusan 6-sulfat ester yang menyebabkan kurangnya keseragaman molekul yang dapat dihilangkan dengan pemberian alkali (Winarno 1996). Menurut Embuscado & Huber (2009), struktur iota karagenan dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur Iota Karagenan

Iota karagenan mempunyai sifat larut dalam air dingin dan larutan garam natrium. Di dalam larutan garam kation lain seperti K<sup>+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> tidak dapat larut

dan hanya menunjukkan pengembangan, yaitu dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu jenis dan konsentrasi kation, densitas karagenan, suhu, pH, adanya ion penghambat dan yang lainnya. Larutan iota stabil pada lingkungan elektrolit kuat seperti NaCl 20-25% (Pebrianata 2005). Iota karagenan cenderung bereaksi kuat terhadap kation kalsium dan membentuk gel lemah serta lebih fleksibel daripada kappa karagenan. Iota karagenan tidak rentan sineresis (Fonkwe *et al.* 2005).

Perbedaan utama antara iota dengan kappa karagenan adalah adanya gugus 2-sulfat pada 3,6-anhidro-D-galaktosa pada iota karagenan yang mempengaruhi sensitivitas terhadap ion kalsium. Peningkatan gugus 2-sulfat hingga 25-50% menyebabkan penurunan sensitivitas terhadap ion kalsium yang juga mengakibatkan penurunan kekuatan gel yang terbentuk. Walaupun demikian, adanya gugus 2-sulfat ester hingga 80% akan menyebabkan iota karagenan akan membentuk gel yang kuat bila dicampur dengan ion kalsium (Ulfah 2009).

### 2.3 **Edible Film**

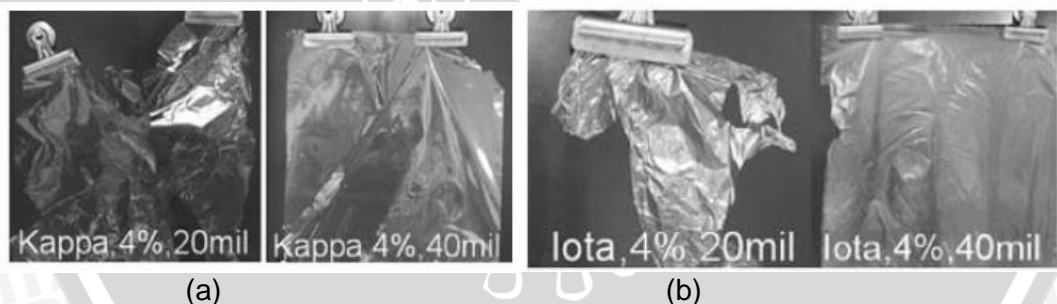
Setiap jenis bahan yang digunakan untuk enrobing (yaitu lapisan atau pembungkus) berbagai makanan untuk memperpanjang umur simpan produk yang dapat dimakan bersama dengan makanan dengan atau tanpa penghapusan lanjut dianggap sebagai *edible film* atau *coating*. *Edible film* menyediakan penggantian atau *fortifikasi* lapisan alami untuk mencegah kekurangan kelembaban, dengan selektif memungkinkan pertukaran gas dikendalikan, seperti oksigen, karbon dioksida, dan etilen, yang terlibat dalam proses respirasi. Sebuah *film* atau lapisan juga dapat memberikan sterilitas



permukaan dan mencegah hilangnya komponen penting lainnya. Umumnya ketebalan *edible film* kurang dari 0,3 mm (Embuscado & Huber 2009).

*Edible film* merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan, atau diletakkan di antara komponen yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti air, oksigen, dan lemak. *Edible film* dapat bergabung dengan bahan tambahan makanan untuk mempertinggi kualitas warna, aroma, dan tekstur produk (Sinaga *et al.* 2013).

*Edible film* merupakan suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk untuk melapisi makanan (*coating*) atau berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap perpindahan massa (misalnya, kelembaban, oksigen, cahaya, lipida, zat terlarut) dan atau sebagai pembawa aditif serta untuk meningkatkan penanganan suatu makanan (Tamaela & Lewerissa 2008). Gambar *edible film* dari kappa dan iota karagenan menurut Embuscado & Huber (2009), dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** (a) *edible film* dengan bahan kappa karagenan; (b) *edible film* dengan bahan iota karagenan

Fungsi dan penampilan *edible film* bergantung pada sifat mekaniknya yang ditentukan oleh komposisi bahan di samping proses pembuatan dan metode aplikasinya. Bahan polimer penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kategori yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit keduanya. Salah satu bahan *edible film* dari golongan hidrokoloid adalah polisakarida yang memiliki beberapa kelebihan, di antaranya selektif terhadap oksigen dan karbondioksida,



penampilan tidak berminyak, dan kandungan kalornya rendah (Yulianti & Ginting 2012). Standar *edible film* komersil dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Standar *edible film* komersil

Grade	Tensile Strenght (N/cm <sup>2</sup> )	Elongasi (%)	Transmisi Uap Air (g/cm <sup>2</sup> .jam)
1	20 min	1000 min	0,1 maks
2	15 min	700 min	0,15 maks
3	10 min	300 min	0,2 maks
4	7,0 min	100 min	0,3 maks
5	5,0 min	70 min	0,5 maks
6	4,0 min	50 min	0,7 maks
7	3,0 min	30 min	1,0 maks
8	2,0 min	20 min	1,5 maks
9	1,5 min	10 min	2,0 maks
10	1,0 min	5 min	2,5 maks
11	0,7 min	-	3,0 maks
12	0,5 min	-	4,0 maks
13	0,3 min	-	5,0 maks
14	0,2 min	-	10,0 maks
15	0,1 min	-	20,0 maks

Sumber: (Amaliya 2013)

*Edible film* merupakan lapisan yang tampak bening atau putih susu (buram), tetapi konsumen umumnya memilih yang bening (transparan). Pelapisan dapat diperoleh dengan berbagai cara yaitu (1) dengan mencelupkan produk ke dalam, atau dengan menyikat atau menyemprotkan dengan alrutan yang mengandung bahan film, sehingga lapisan *film* langsung pada permukaan makanan; atau (2) dengan membuat lapisan *film* sendiri dari larutan atau melalui *thermoformation* untuk menutupi permukaan makanan berikutnya. *Film* juga dapat dibentuk dengan pendinginan larutan pekat. Cara paling mudah untuk menerapkan *film* langsung dari larutan (Embuscado & Huber 2009).

## 2.4 Plasticizer

*Plasticizer* adalah bahan tambahan untuk membentuk polimer *film*. *Plasticizer* mengurangi gaya antarmolekul, meningkatkan mobilitas rantai polimer dan meningkatkan sifat mekanik dari *film*. Penambahan *plasticizer* diperlukan untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas melalui penurunan kohesi *film*, meskipun *plasticizer* juga dapat meningkatkan permeabilitas *film*. *plasticizer* harus bersifat kompatibel dengan polimer, jika memungkinkan akan mudah larut dalam pelarut (Aydinli *et al.* 2004).

*Film* yang terbentuk dari bahan murni polimer cenderung rapuh. *Plasticizer* biasanya ditambahkan ke matriks polimer untuk mengatasi kerapuhan *film*. *Plasticizer* menurunkan gaya antarmolekul di sepanjang rantai polimer dan meningkatkan fleksibilitas *film* karena kemampuan meningkatkan jarak molekuler dan mengurangi ikatan internal hidrogen antara rantai polimer. Senyawa hidrofilik seperti poliol (gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol) biasanya digunakan sebagai *plasticizer* dalam pembentukan *film* hidrofilik. Karena sifat yang hidrofilik, *film* berbasis polisakarida cenderung menyerap sejumlah besar air pada kondisi kelembaban relatif tinggi (Suppakul *et al.* 2006).

Beberapa *plasticizer* perlu ditambahkan ke dalam larutan pelapis untuk menjaga *film* menjadi rapuh. Beberapa *plasticizer* yang food grade antara lain yaitu gliserol, manitol, sorbitol, dan sukrosa (Embuscado & Huber 2009). *Plasticizer* seperti sorbitol, gliserol, dan polietilen glikol memiliki viskositas rendah yang bila ditambahkan akan meberikan sifat fleksibilitas (Tamaela & Lewerissa 2008). Dan ditambahkan oleh (Widyaningsih *et al.* 2012) ,poliol merupakan *plasticizer* yang cukup baik untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekul. Bentuk, jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul

*plasticizer* akan mempengaruhi sifat mekanis suatu *film*. Penambahan *plasticizer* akan mengurangi kekuatan ikatan hidrogen intermolekul polimer sehingga mengurangi ketahanan sobek dan meningkatkan fleksibilitas *film*.

*Plasticizer* ditambahkan pada pembuatan *edible film* mengurangi sifat rapuh *film* selain itu juga untuk meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan elastisitas *film*. *Plasticizer* mempengaruhi sifat mekanik dan permeabilitas *film*. *Plasticizer* mengurangi intermolekul dan ektramolekul dalam polimer *film* menurunkan kerapuhan (Tamaela & Lewerissa 2008). Sifat jenis *plasticizer* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Sifat jenis *plasticizer*

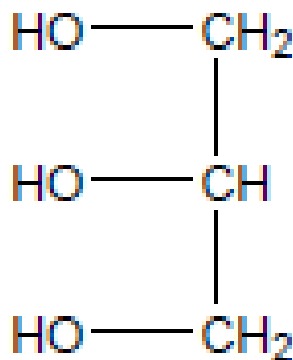
<i>Plasticizer</i>	Berat molekul (g/mol)	Jumlah atom oksigen	Bentuk
<b>Gliserol</b>	92	3	$C_3H_8O_3$ , rantai lurus
<b>Sorbitol</b>	182	6	$C_6H_{14}O_6$ , rantai lurus
<b>Polietilen glikol</b>	400	9	$H(OCH_2CH_2)_nOH_{(n-8.2-9.1)}$ , rantai lurus

Sumber: (Antoniou *et al.* 2014)

#### 2.4.1 Gliserol

Gliserol banyak digunakan sebagai bahan baku industry kimia, farmasi, dan kosmetika (Widyaningsih *et al.* 2012). Menurut Sinaga *et al.* (2013), gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentukan *film* yang bersifat hidrofobik. Gliserol dapat meningkatkan penyerapan molekul seperti air. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas *film*. Gliserol (gliserin) merupakan senyawa poliol seerhana yang tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental yang banyak digunakan dalam formulasi farmasi. Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 6.





**Gambar 6.** Struktur gliserol

Gliserol merupakan cairan jernih seperti sirup, tidak berwarna, rasa manis, hanya boleh berbau khas lemah (tajam atau tidak enak), higroskopik, dan netral terhadap lakmus. Nama lain gliserol adalah gliserin dengan rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  dan bobot molekul 92,09. Gliserol dapat bercampur dengan air dan etanol, tidak larut dalam kloroform, minyak lemak, eter, dan minyak menguap. Penyimpanan gliserol harus dalam wadah tertutup rapat (Herma 2007).

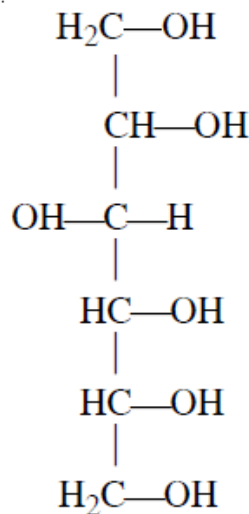
Penambahan gliserol pada matrik film sangat diperlukan, karena gliserol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hydrogen pada matrik ikatan intermolekuler. Kemampuan ini menjadikan gliserol sebagai *plasticizer* dan penambahan dalam *edible film* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh film (Santoso *et al.* 2011). Penambahan gliserol dalam pembuatan *edible film* akan meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut (Winarti *et al.* 2012).

#### 2.4.2 Sorbitol

Penambahan sorbitol pada *film* meningkatkan kelarutan dalam air. Hal ini karena sorbitol memiliki sifat hidrofibil. Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan (Widyaningsih *et al.* 2012). Menurut Yulianti & Ginting (2012), penambahan sorbitol dapat meningkatkan nilai pemanjangan

sehingga kerapuhan *edible film* menurun dan permeabilitasnya meningkat.

Gambar rantai sorbitol dapat dilihat pada Gambar 7.

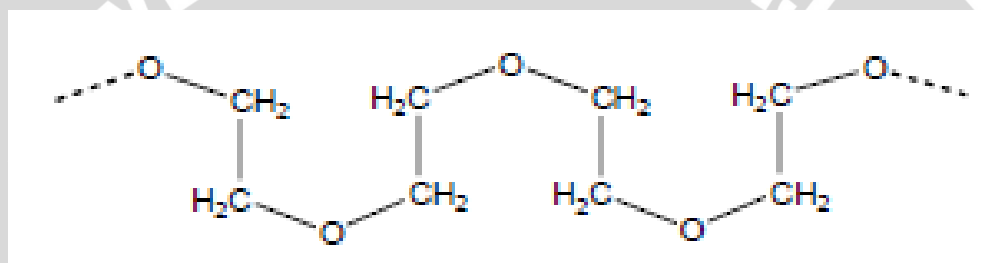


**Gambar 7.** Rumus kimia sorbitol

Dibandingkan dengan gliserol, sorbitol merupakan *plasticizer* yang lebih efektif yaitu memiliki kelebihan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler sehingga baik untuk menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer, sifat permeabilitas  $\text{O}_2$  yang lebih rendah, tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah, dan bersifat non toksik (Setiani *et al.* 2013). Dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Hal inilah yang menyebabkan berkurangnya kuat tarik *film* dengan adanya penambahan bahan tambahan (*plasticizer*) (Purwanti 2010).

### 2.4.3 Polietilen glikol

Polietilen glikol 400 adalah polimer etilen oksida dan air, dinyatakan dengan rumus:  $H(O-CH_2CH_2)_nOH$ , dengan harga rata-rata  $n$  antara 8,2 dan 9,1. PEG 400 memiliki pemerian sebagai berikut: cairan kental jernih, tidak berwarna atau praktis tidak berwarna, bau khas lemah, dan agak higroskopik. PEG 400 larut dalam air, etanol, aseton, glikol lain, dan hidrokarbon aromatic, praktis tidak larut dalam eter, dan hidrokarbon alifatik (Herma 2007). Gambar rantai polietilen glikol dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rantai polietilen glikol

Penambahan polietilen glikol 400 pada pembuatan *edible film* dan setelah pengeringan menghasilkan *edible film* yang transparan. Serta meningkatkan okseigen, uap air, aroma dan penyerapan dalam *edible film* (Debeaufort & Andree 1997).

### 2.5 Mekanisme Penambahan *Plasticizer* pada *Edible Film*

Mekanisme proses *plasticizer* polimer sebagai akibat penambahan *plasticizer* Widyaningsih *et al.* (2012), yaitu melalui adsorbs, pemecahan, difusi, pemutusan pada bagian amorf, dan pemotongan struktur. Penambahan konsentrasi *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas *film* polimer dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antara



molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang.

Penambahan *plasticizer* dapat menurunkan ikatan hydrogen intermolecular antar polimer/kekuatan intermolekuler (mengatasi sifat rapuh lapisan *film*), meningkatkan fleksibilitas *film* dan menurunkan sifat-sifat pengahalang *film* (Fatimah & Marpongahatun 2013). Menurut Setiani *et al.* (2013), adanya *plasticizer* maka molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, *plasticizer* akan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer. Seiring meningkatnya konsentrasi *plasticizer* juga menyebabkan peningkatan elongasi dan menurunkan kuat tarik. Penurunan interaksi intermolekul dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air.

Tanpa *plasticizer* amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu *film* dan suatu struktur yang *bifasik* dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksi-interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi film, menjadikan *film* pati jadi rapuh dan kaku. Keberadaan dari *plasticizer* di dalam *film* pati bisa menyela pembentukan *double helices* dari amilosa dengan cabang amilopektin, lalu mengurangi interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin, sehingga meningkatkan fleksibilitas film pati. *Plasticizer* menurunkan gaya inter molekuler dan meningkatkan mobilitas ikatan polimer memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas *film*. Ketika *plasticizer* menyatu, terjadi beberapa modifikasi structural di dalam jaringan pati, matriks *film* menjadi lebih sedikit rapat dan di bawah tekanan, Bergeraknya rantai polimer dimudahkan, meningkatkan fleksibilitas *film* (Rachmawati 2009).

## 2.6 Parameter Kualitas *Edible Film*

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan (*elongation*), dan kekuatan peregangan (*tensile strength*) (Yulianti & Ginting 2012).

Sifat film yang lain yang juga menentukan kualitas *edible film* adalah sifat mekanik. Sifat-sifat mekanik ini meliputi kuat tarik (*tensile strength*) dan pemanjangan (*elongation*). Kuat tarik menunjukkan nilai gaya yang diperlukan untuk menarik benda hingga mencapai kondisi dimana benda itu patah. Kuat tarik diukur dari gaya yang dibutuhkan per satuan luas penampang benda. Gaya yang bekerja pada kuat tarik yaitu gaya aksial atau gaya longitudinal sehingga luas penampang yang bekerja untuk menahan gaya tersebut adalah luasan dari lebar dan tebal benda (Wirawan *et al.* 2012).

Permeabilitas uap air merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan saat kerenyahan makanan yang perlu dipertahankan selama penyimpanan. Volatile dan zat terlarut permeabilitas merupakan properti penting untuk mengontrol kapan difusi senyawa menjadi terbatas. Sifat penghalang *edible film* dibuat dari polimer polar (misalnya polisakarida) yang sensitif kelembaban. Semakin tinggi derajat kristalinitas, semakin rendah permeabilitas *film*. Karakteristik polimer hidrofilik dari polisakarida merupakan penghalang air yang buruk. Permeabilitas uap air (WVP) berhubungan langsung dengan kuantitas gugus OH<sup>-</sup> pada molekul. Selain itu, kondisi lingkungan dapat mempengaruhi WVP. WVP menurun secara signifikan karena suhu pengeringan meningkat (Embuscado & Huber 2009).

Laju transmisi uap air didefinisikan sebagai laju aliran uap air melalui suatu unit area pada waktu tertentu dan pada kondisi tertentu. pengukuran nilai laju transmisi uap air suatu bahan merupakan faktor yang penting dalam menilai



permeabilitas bahan kemasan *edible film* terhadap air (Tamaela & Lewerissa 2008).

Panjang putus (*elongation at break*) atau proses pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel film terputus. Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan suatu film semakin lebih besar (Widyaningsih *et al.* 2012). Menurut Sinaga *et al.* (2013), pemanjangan pada saat putus menunjukkan perubahan panjang film maksimum saat memperoleh gaya tarik sampai film putus dibandingkan dengan panjang awalnya.

Menurut Suryaningrum *et al.* (2005), ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *film* dalam pembentukan produk yang dikemasnya. Menurut (Tamaela & Lewerissa 2008), dengan meningkatnya konsentrasi *plasticizer* akan meningkatkan jumlah total padatan dari karagenan, sehingga sedimen yang mengendap sebagai pembentuk *film* semakin tebal.

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan dapat mempengaruhi laju transmisi uap, gas, dan senyawa volatile serta sifat fisik lainnya seperti kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus *edible film* yang dihasilkan (Sinaga *et al.* 2013).



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 1.1.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan karagenan meliputi rumput laut jenis *Euचेuma cottonii* dan *Euचेuma spinosum*, KOH 6%, Ca(OH)<sub>2</sub> 6%, KCl 1,5%, HCl 0,2 N, aquades, air, kertas label, pH paper, air. Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan *edible film* antara lain kappa karagenan, iota karagenan, sorbitol, gliserol, polietilen glikol, aquades, kertas label, air, tissue. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji tensile strength dan perpanjangan antara lain *edible film*, kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji ketebalan antara lain *edible film*, kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji transmisi uap air antara lain *edible film*, aquades, kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji kadar air antara lain *edible film*, air, kertas label.

##### 1.1.2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan *semi refine* karagenan meliputi *waterbath*, beaker glass 600 mL, beaker glass 1000 mL, timbangan digital, blender, nampan plastik, spatula, *thermometer*, solet, gunting, kain saring, mesin penggiling, baskom, gelas ukur 100 mL. alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan *edible film* antara lain oven, plat plastik, erlenmeyer 100 mL, gelas ukur 5mL, gelas ukur 100 mL, sendok tanduk, timbangan digital, *magnetic stirrer*, *hotplate*. Alat-alat yang digunakan untuk uji *tensile strength* dan perpanjangan antara lain penggaris, *tensile strength*. alat-alat yang digunakan untuk uji ketebalan antara lain *micrometer digimetic*. Alat-alat yang digunakan untuk uji transmisi uap air antara lain *beaker glass* 100 mL, reksikator, timbangan

digital, *washing bottle*. Dan alat-alat yang digunakan untuk uji kadar air antara lain botol timbang, oven, gunting, timbangan analitik, *crushable tank*.

### 3.2 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh dari variabel lain. Metode ini dilaksanakan dengan memberikan variabel bebas secara sengaja kepada objek penelitian untuk diketahui akibatnya dalam variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah tiga jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol, terhadap variabel terikat karakteristik *edible film* yaitu ketebalan, kuat renggang putus dan perpanjangan, transmisi uap air, dan kadar air.

#### 3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan konsentrasi kappa dan iota karagenan sebagai bahan pembuatan *edible film* yang digunakan sebagai acuan penelitian utama nantinya.

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan pembuatan *edible film* berbahan mix kappa dan iota karagenan dengan 5 perbandingan yang berbeda. Penelitian pendahuluan dilakukan 5 perlakuan dengan 5 kali ulangan. Dilakukan 5 kali ulangan yang didapat dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (n-1)(r-1) &\geq 15 \\
 (5-1)(r-1) &\geq 15 \\
 4(r-1) &\geq 15 \\
 4r - 4 &\geq 15 \\
 4r &\geq 15 + 4 \\
 r &\geq \frac{19}{4} \\
 r &\geq 4,75 \Rightarrow 5 \text{ kali ulangan}
 \end{aligned}$$

Rancangan percobaan penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Rancangan percobaan penelitian pendahuluan

Rasio perbandingan Kappa-Iota	Ulangan				
	1	2	3	4	5
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>
A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>
A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>

Keterangan : A<sub>1</sub> = perbandingan karagenan 0:4 (kappa 0 gram : iota 2 gram)

A<sub>2</sub> = perbandingan karagenan 1:3 (kappa 0,5 gram : iota 1,5 gram)

A<sub>3</sub> = perbandingan karagenan 2:2 (kappa 1 gram : iota 1 gram)

A<sub>4</sub> = perbandingan karagenan 3:1 (kappa 1,5 gram : iota 0,5 gram)

A<sub>5</sub> = perbandingan karagenan 4:0 (kappa 2 gram : iota 0 gram)

### 3.2.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan

Prosedur kerja penelitian pendahuluan melalui langkah:

1. Pembuatan SRC *Eucheuma cottonii* dengan metode gel press menurut (Irmawan 2013), yang telah dimodifikasi yaitu sebagai berikut, pertama-tama rumput laut dari jenis *E. cottonii* ditimbang sebanyak 20 gram lalu dicuci bersih. Kemudian ditambahkan air dengan perbandingan 1:25 (b/v), lalu dipanaskan pada suhu 80°-90° selama 30 menit dengan menggunakan *waterbath*. Rumput laut yang telah dipanaskan, diblender selama 1 menit hingga menjadi pasta dan dilanjutkan dengan ekstraksi. Rumput laut dipanaskan suhu 80°C selama 2 jam dengan penambahan KOH 6%, hasil ekstraksi kemudian dinetralkan dengan HCl 0,2 N. Hasil



dari penetralan HCl 0,2 N kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring hingga residu. Residu tersebut ditambahkan dengan KCl 1,5% kemudian diangin-anginkan. Setelah beku kemudian dikeringkan dan digiling sampai menjadi serbuk dan didapatkan karagenan.

2. Pembuatan SRC jenis *Eucheuma spinosum* dengan metode PNG (Phillips & Williams 2001), yang sudah dimodifikasi melalui langkah : rumput laut jenis *Eucheuma spinosum* kering ditimbang, dibersihkan dan dicuci. Kemudian rumput laut di rebus dalam larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan konsentrasi 6%(w/v) dengan suhu 70-74°C selama 2 jam. Diambil dan dicuci dengan air bersih sampai bau  $\text{Ca(OH)}_2$  hilang (penetralan). Setelah itu rumput laut dikeringkan, digiling.
3. Pembuatan *edible film* dengan bahan mix kappa dan iota karagenan dengan 5 perlakuan. Untuk menentukan perlakuan terpilih mix kappa dan iota dengan karakteristik *edible film* terbaik.

### 3.2.2 Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk menentukan jenis *plasticizer* dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk pembuatan *edible film* yang baik.

#### 3.2.2.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Utama

Dari hasil penelitian pendahuluan, perlakuan terbaik digunakan sebagai acuan dimana pada penelitian inti didapatkan hasil, faktor perlakuan pertama terdiri dari faktor terdiri dari faktor konsentrasi *plasticizer* gliserol ( $A_1$ ) yang terdiri dari 3 perlakuan 2% ( $B_1$ ); 3% ( $B_2$ ); 4% ( $B_3$ ). Sedangkan faktor perlakuan kedua *plasticizer* sorbitol ( $A_2$ ) yang terdiri dari 3 perlakuan 2% ( $B_1$ ); 3% ( $B_2$ ); 4% ( $B_3$ ). Dan faktor perlakuan ketiga *plasticizer* polietilen glikol ( $A_3$ ) yang terdiri dari 3 perlakuan 2% ( $B_1$ ); 3% ( $B_2$ ); 4% ( $B_3$ ). Dilakukan 3 kali ulangan yang didapat dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (n-1) (r-1) &\geq 15 \\
 (9-1) (r-1) &\geq 15 \\
 8 (r-1) &\geq 15 \\
 8r - 8 &\geq 15 \\
 8r &\geq 15 + 8 \\
 r &\geq \frac{23}{8} \\
 r &\geq 2,875 \Rightarrow 3 \text{ kali ulangan}
 \end{aligned}$$

Pola rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rancangan percobaan penelitian utama

Jenis plasticizer	Konsentrasi plasticizer	Ulangan		
		1	2	3
A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
	B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>
	B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
	B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
	B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>
A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>
	B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
	B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>

Keterangan : A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 2% (2 mL)

A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 3% (3 mL)

A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 4% (4 mL)

A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL)

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 3% (3 mL)

A<sub>2</sub>B<sub>3</sub> = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 4% (4 mL)

A<sub>3</sub>B<sub>1</sub> = jenis *plasticizer* polietilen glikol dengan konsentrasi 2% (2 mL)

A<sub>3</sub>B<sub>2</sub> = jenis *plasticizer* polietilen glikol dengan konsentrasi 3% (3 mL)

A<sub>3</sub>B<sub>3</sub> = jenis *plasticizer* polietilen glikol dengan konsentrasi 4% (4 mL)

Berdasarkan faktor tersebut maka penelitian utama ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan dianalisis lebih lanjut dengan Uji Duncan dengan aplikasi SPSS 16.0. Kemudian dilakukan pemilihan perlakuan terpilih.

### 3.2.2.2 Prosedur Penelitian Utama

Prosedur kerja penelitian inti melalui langkah:

1. Pembuatan *edible film* dengan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda, yaitu gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol. Proses pembuatan *edible film* menurut (Tamaela & Lewerissa 2008), yang telah dimodifikasi yaitu timbang tepung karagenan sebanyak 2 gram, masukkan kedalam gelas kimia kemudian panaskan dengan 80 mL aquades diatas *hot plate stirrer* pada suhu 85°C, tambahkan dengan *plasticizer* masing-masing 2% (2 mL), 3% (3 mL), dan 4% (4 mL) dan volumenya dijadikan 100 mL. Larutan kemudian dituang dalam pelat plastik selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 55°C selama 24 jam.
2. Dilakukan uji karakteristik *edible film* diantaranya Uji ketebalan (Huri & Nisa 2014), Tensile strength dan uji elongasi (Akili *et al.* 2012), Uji Transmisi Uap Air (Huri & Nisa 2014), dan uji kadar air (Sudarmaji *et al.* 2003).
3. Dilakukan analisa sidik ragam (ANOVA) dan jika berbeda nyata dilakukan uji lanjut Duncan.
4. Pemilihan perlakuan terpilih
5. Dilakukan Uji SEM

### 3.2.2.3 Parameter Uji

#### 3.2.2.3.1 Uji Kadar Air (Sudarmaji *et al.* 2003)

Kadar air dapat ditentukan dengan metode pemanasan. Prinsip metode ini adalah sampel dipanaskan pada suhu (100-105)°C selama 3-5 jam tergantung bahan yang diuji sampai diperoleh berat yang konstan. Pada suhu ini semua air bebas (yang tidak terikat pada zat lain) dapat dengan mudah



diuapkan, tetapi tidak demikian halnya dengan air terikat. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan pangan.

$$\%W_b = \frac{(A+B)-C}{B} \times 100$$

Dimana, A = berat botol timbang (gram)

B = berat sampel (gram)

C = berat botol timbang dan sampel yang sudah dioven (gram)

#### 3.2.2.3.2 Transmisi uap air (Huri & Fithri 2014)

*Edible film* yang akan diuji dipotong. Kemudian wadah 1 diisi 15mL aquades dan ditempatkan di wadah 2 yang berisi *silica gel*. Sebelum itu, *silica gel* dikeringkan pada suhu 180°C selama 3 jam. Lalu wadah 2 disimpan pada suhu 25°C. pengukuran dilakukan setelah penyimpanan pada jam ke 0, 5, 10, dan 24 jam. Transmisi uap air dihitung dengan rumus:

$$WVP = \frac{\Delta W}{t \times A}$$

Dimana, W = perubahan berat *edible film* setelah 24 jam

t = waktu (24 jam)

A = luas permukaan *film* (m<sup>2</sup>)

#### 1..1.1.1. Ketebalan (Huri & Fithri 2014)

Uji ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat *micrometer* pada 3 tempat yang berbeda kemudian hasil pengukuran dirata-rata sebagai hasil ketebalan *film*. Ketebalan dinyatakan dalam  $\mu\text{m}$  sedangkan micrometer yang digunakan memiliki ketelitian 0,01 mm.

#### 3.2.2.3.4 Perpanjangan (*Elongasi*) (Alkili et al. 2012)

Persen pemanjangan dihitung dengan membandingkan panjang *edible film* saat putus dan panjang *edible film* sebelum ditarik oleh alat. Perhitungan persen pemanjangan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\% \text{ elongasi} = \frac{\text{Panjang akhir saat putus (cm)} - \text{Panjang awal (cm)}}{\text{Panjang awal (cm)}} \times 100\%$$

### 3.2.2.3.5 Renggang putus (*Tensile Strenght*) (Alkili et al. 2012)

Kekuatan tarik renggang putus dan perpanjangan atau elongasi diukur dengan menggunakan *Tensile Strength and Elongation Tester Industries model* SSB 0500. Sebelum dilakukan pengukuran, *film* dikondisikan dalam desikator dengan RH 75% selama 24 jam. Nilai gaya maksimum untuk memotong *film* dapat dilihat pada display alat. Kuat tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum pada saat *film* pecah dan presentase pemanjangan didasarkan atas pemanjangan *film* saat *film* putus. Secara matematis, hubungan antara keduanya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Kuat tarik} = \frac{F}{A}$$

Dimana, F = gaya tarik (N)  
A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Bahan Baku

#### 4.1.1 Rumput Laut

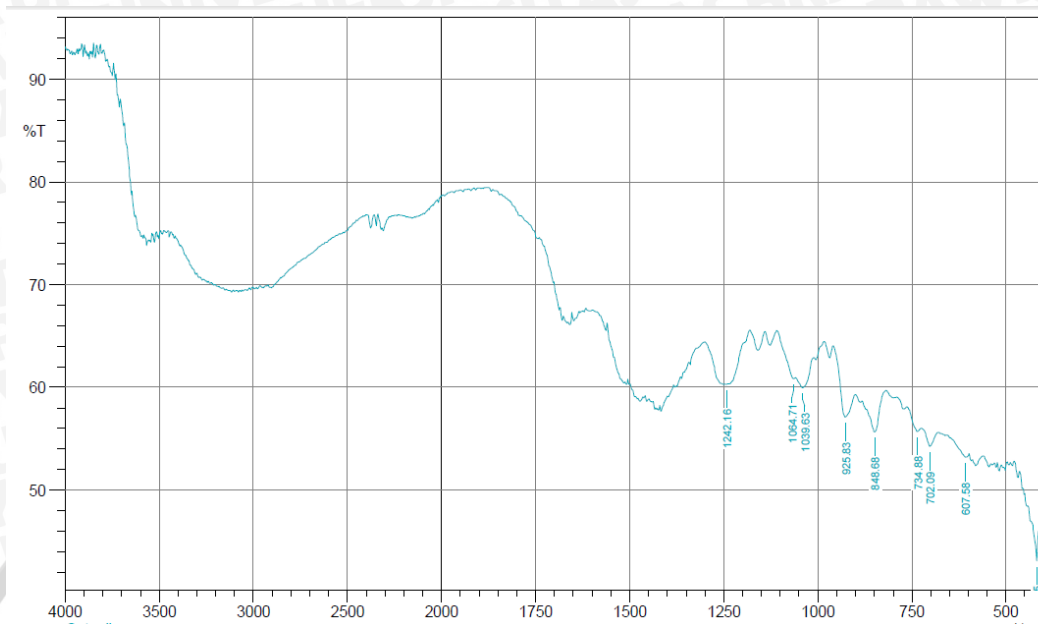
Bahan baku berupa rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* yang berasal dari daerah Madura. Umur rumput laut yang digunakan untuk pembuatan karagenan sekitar 40 hari. Untuk pembuatan karagenan yang digunakan adalah rumput laut kering dengan kadar air untuk *Eucheuma cottonii* 21%, dan *Eucheuma spinosum* 31%. Menurut (Widyastuti 2008), selama periode pertumbuhan rumput laut pada 21-45 hari setelah tanam (HST), rumput laut menghasilkan ekstrak karagenan cukup tinggi.

#### 4.1.2 Karagenan

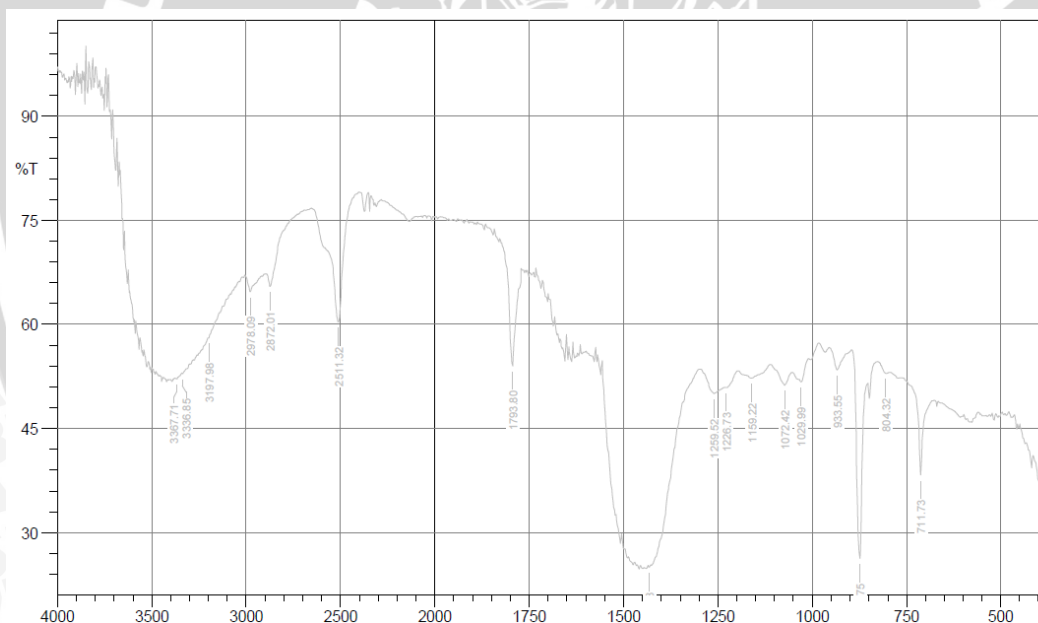
Ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* menghasilkan kappa karagenan dan iota karagenan. Karagenan yang dihasilkan memiliki persen kadar air yaitu kappa karagenan 11.38% dan iota karagenan 11.09%. Berdasarkan FAO kadar air karagenan tidak boleh lebih dari 12%.

Kedua jenis karagenan tersebut dilakukan uji FTIR untuk melihat gugus yang ada dalam karagenan tersebut. Hasil FTIR kappa karagenan dan iota karagenan dapat dilihat pada Gambar 9. dan Gambar 10.





Gambar 9. Hasil FTIR Kappa Karagenan



Gambar 10. Hasil FTIR Iota Karagenan

#### 4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mencari perbandingan kappa dan iota karagenan dalam pembuatan *edible film* dengan karakteristik terbaik. Berdasarkan hasil ANOVA dan dengan uji lanjut BNT didapatkan hasil terbaik

perbandingan kappa dan iota karaginan. Hasil setiap uji karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Hasil Uji Karakteristik *Edible Film* Penelitian Pendahuluan**

Perlakuan (kappa:iota)	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Transmisi Uap Air (gram/m <sup>2</sup> .24 jam)	Ketebalan (μm)
<b>0:4</b>	27.08 ± 1.45 <sup>b</sup>	2.52 ± 0.44 <sup>c</sup>	2.68 ± 0.17 <sup>ab</sup>	71.81 ± 0.74 <sup>b</sup>
<b>1:3</b>	30.87 ± 1.23 <sup>c</sup>	8.70 ± 1.12 <sup>b</sup>	5.29 ± 0.78 <sup>c</sup>	100.58 ± 1.49 <sup>d</sup>
<b>2:2</b>	34.82 ± 0.54 <sup>c</sup>	7.64 ± 0.13 <sup>b</sup>	5.69 ± 1.45 <sup>d</sup>	88.54 ± 1.15 <sup>c</sup>
<b>3:1</b>	36.83 ± 1.15 <sup>b</sup>	13.57 ± 0.95 <sup>c</sup>	2.34 ± 0.42 <sup>a</sup>	81.46 ± 1.07 <sup>b</sup>
<b>4:0</b>	29.99 ± 1.83 <sup>a</sup>	14.16 ± 0.66 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.25 <sup>bc</sup>	79.96 ± 0.64 <sup>a</sup>

Keterangan: notasi yang berbeda ditunjukkan dengan perbedaan yang nyata antar perlakuan (p<0.05).

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi karaginan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap setiap uji karakteristik *edible film*.

Pada uji *tensile strength* didapatkan nilai terbaik adalah konsentrasi 3:1, karena pada konsentrasi tersebut nilai *tensile strength* paling tinggi. Pada uji perpanjangan didapatkan nilai terbaik adalah konsentrasi 4:0 yaitu *edible film* kappa tanpa campuran iota. *Edible film* yang hanya berbahan kappa mempunyai nilai perpanjangan tertinggi namun fisiknya lebih kaku dan keras. Sehingga *edible film* dengan konsentrasi 4:0 tidak dapat dikatakan sebagai *edible film* dengan konsentrasi terbaik. Pada uji transmisi uap air didapatkan nilai terbaik pada konsentrasi 3:1. Pada uji ketebalan didapatkan nilai terbaik adalah konsentrasi 3:1. Ketebalan *edible film* bukan parameter utama pada karakteristik *edible film*, karena ketebalan *edible film* dipengaruhi luas cetakan yang digunakan, volume larutan, banyaknya total padatan dan larutan.

Dari analisis ragam (ANOVA), dengan menggunakan derajat kesalahan 0,05% dan derajat kepercayaan 95% didapatkan bahwa ada pengaruh nyata dari setiap perbandingan konsentrasi karaginan. Oleh karena itu perlu dilakukan uji lanjut BNT pada setiap uji yang memberikan pengaruh beda nyata. Pengaruh nyata dari perbandingan konsentrasi ditunjukkan dengan adanya notasi yang berbeda dari 5 perbandingan konsentrasi karaginan yang digunakan. Hasil analisis keragaman (ANOVA) dan uji lanjut BNT pada penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Lampiran 7.

### 4.3 Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk membandingkan tiga jenis *plasticizer* (Gliserol, Sorbitol, dan Polietilen glikol) dalam pembuatan *edible film* dengan karakteristik terbaik. Berdasarkan hasil ANOVA dan uji lanjut Duncan dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Hasil setiap uji karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Uji Karakteristik *Edible Film* dengan *Plasticizer* berbeda

Kode	Kadar Air (%)	Transmisi Uap Air (gram/m <sup>2</sup> . 24jam)	Ketebalan (µm)	Perpanjangan (%)	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	30.54±0.17 <sup>e</sup>	2.89± 0.01 <sup>b</sup>	46.43± 0.51 <sup>e</sup>	8.45± 0.75 <sup>cd</sup>	7.26± 0.56 <sup>c</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	32.1± 0.68 <sup>f</sup>	2.78± 0.11 <sup>ab</sup>	51.29± 0.71 <sup>f</sup>	9.22± 0.37 <sup>de</sup>	3.43± 0.69 <sup>b</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	35.17± 0.56 <sup>g</sup>	2.89± 0.08 <sup>b</sup>	52.75± 0.50 <sup>f</sup>	9.41± 0.72 <sup>de</sup>	2.22± 0.58 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	22± 0.14 <sup>c</sup>	2.85± 0.24 <sup>b</sup>	32.45± 0.25 <sup>a</sup>	7.95± 0.62 <sup>c</sup>	11.47± 0.76 <sup>d</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	24.43± 0.88 <sup>d</sup>	2.89± 0.42 <sup>b</sup>	35.35± 0.48 <sup>b</sup>	9.55± 0.59 <sup>e</sup>	10.55± 0.54 <sup>d</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	20.63± 0.22 <sup>b</sup>	3.43± 0.25 <sup>c</sup>	40.91± 0.81 <sup>d</sup>	11.8± 0.75 <sup>f</sup>	6.39± 0.56 <sup>c</sup>
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	18.7± 0.36 <sup>a</sup>	2.39± 0.24 <sup>a</sup>	33.40± 0.61 <sup>a</sup>	5.64± 0.48 <sup>a</sup>	6.17± 0.57 <sup>c</sup>
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	19.81± 0.39 <sup>b</sup>	2.35± 0.16 <sup>a</sup>	39.04± 0.79 <sup>c</sup>	6.66± 0.33 <sup>b</sup>	2.04± 0.62 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	20.53± 0.40 <sup>b</sup>	2.72± 0.36 <sup>ab</sup>	47.37± 0.87 <sup>e</sup>	7.57± 0.54 <sup>bc</sup>	1.18± 0.60 <sup>a</sup>

Keterangan: notasi yang berbeda ditunjukkan dengan perbedaan yang nyata antar perlakuan (p<0.05).

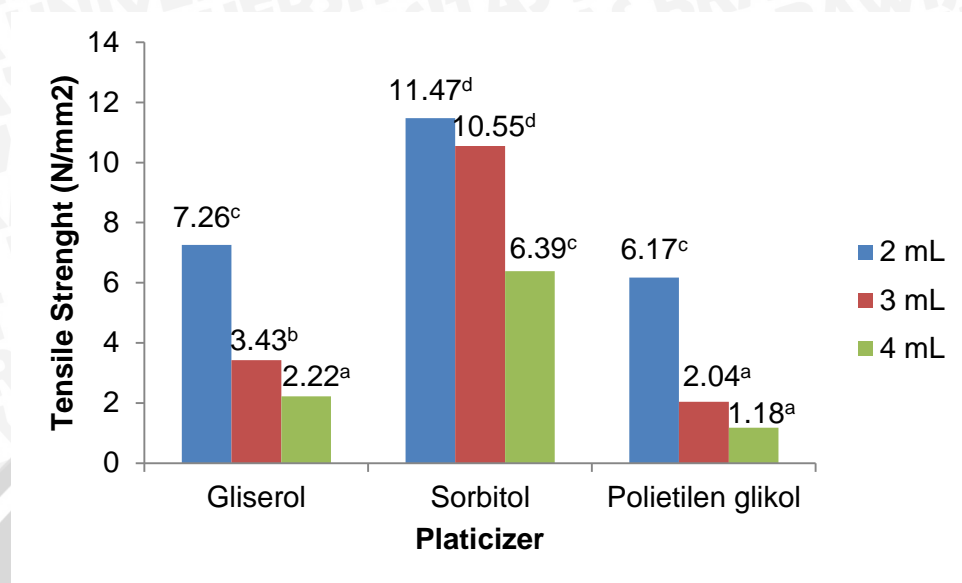


Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil uji kadar air terbaik pada perlakuan  $A_3B_1$  yaitu 18.7%. Hasil uji transmisi uap air terbaik pada perlakuan  $A_3B_2$  yaitu 2.35 gram/m<sup>2</sup>.24jam. Hasil uji ketebalan terbaik pada perlakuan  $A_2B_1$  yaitu 32.45  $\mu$ m. Hasil uji perpanjangan terbaik pada perlakuan  $A_2B_3$  yaitu 11.8%. Hasil uji *tensile strength* terbaik pada perlakuan  $A_2B_1$  yaitu 11.47 N/mm<sup>2</sup>. Hasil analisis keragaman (ANOVA) dan uji lanjut Duncan pada penelitian utama dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 4.4 Sifat Fisik dan Kimia *Edible Film*

##### 4.4.1 Tensile Strength

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan terhadap *tensile strength* menunjukkan penggunaan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0.05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap *tensile strength*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *edible film* dengan *tensile strenght* terbaik dari perlakuan sorbitol 2 mL. Hasil perhitungan *tensile strength* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 1.18 – 11.47 N/mm<sup>2</sup>. Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol menghasilkan kuat tarik yang lebih besar dibandingkan gliserol dan polietilen glikol. Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin menurun nilai *tensile strength*. Hal tersebut disebabkan karena *plasticizer* jenis polyol akan memecah ikatan intra molekul *film* sehingga kekuatan *film* akan menurun.

*Plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus. Penambahan *platicizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan *film* dengan kuat tarik yang lebih rendah (Widyaningsih *et al.* 2012). *Edible film* dengan kekuatan tarik tinggi, akan

mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik (Suryaningrum *et al.* 2005).

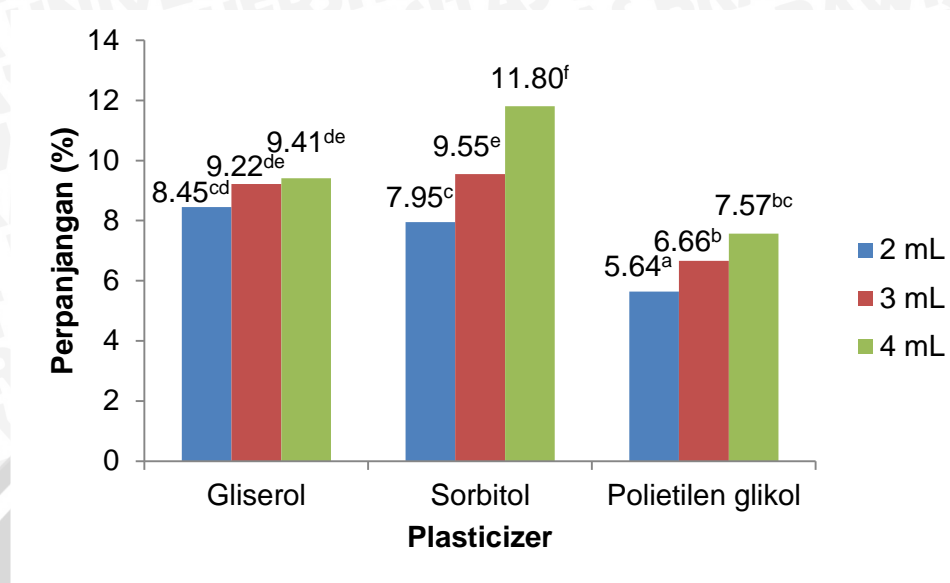
*Tensile strength* merupakan tekanan regangan maksimal yang bisa diterima oleh *edible film* hingga putus (Budyanto & Kusnadi 2013). Kekuatan tarik dipengaruhi oleh bahan pemplastis yang ditambahkan dalam proses pembuatan *film* (Anita *et al.* 2013). Menurut (Akili *et al.* 2012), standar yang harus dimiliki oleh *edible film* agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik di antaranya memiliki besaran kuat tarik (*tensile strength*) antara 10 hingga 100 Mpa.

Secara keseluruhan dari uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pemberian *plasticizer* nilai *tensile strength* semakin menurun. Sebaliknya, semakin banyak pemberian *plasticizer* maka nilai *elongation* semakin meningkat. Sorbitol memiliki nilai *tensile strength* lebih dari gliserol dan polietilen glikol.

#### 4.4.2 Perpanjangan

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan terhadap perpanjangan menunjukkan penggunaan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0.05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 12.





**Gambar 12.** Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap perpanjangan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *edible film* dengan perpanjangan terbaik dari perlakuan sorbitol 4 mL. Hasil pengukuran persen perpanjangan *edible film* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 5.64 – 11.80%. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka nilai perpanjangan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan peran *plasticizer* dalam memecah rantai intra molekul sehingga elastisitasnya meningkat. Sifat yang dibentuk oleh ketiga *plasticizer*, sorbitol lebih fleksibel dibanding gliserol dan polietilen glikol.

Panjang putus (*elongation at break*) atau proses pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat *film* terputus. Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan suatu *film* semakin lebih besar. Penambahan *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas *film* polimer dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antara

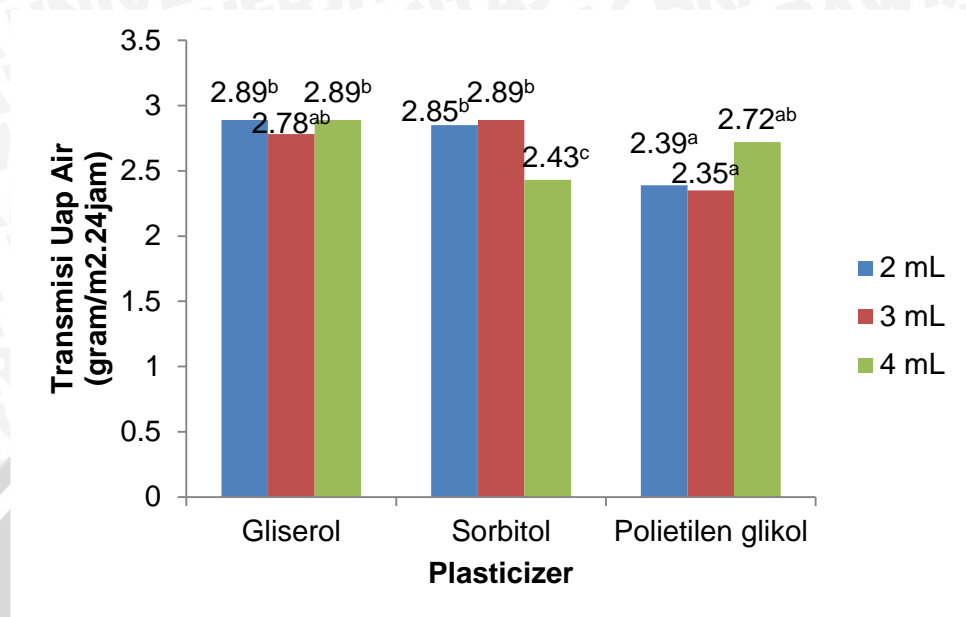
molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang (Widyaningsih *et al.* 2012).

Perpanjangan atau *elongasi* merupakan suatu kemampuan maksimal *edible film* saat mulai sobek (Budyanto & Kusnadi 2013). Persen pemanjangan saat putus merupakan perubahan panjang maksimum *film* sebelum terputus (Anita *et al.* 2013). Standar yang harus dimiliki oleh *edible film* agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik di antaranya memiliki persen perpanjangan antara 10 – 50% (Akili *et al.* 2012). Sifat perpanjangan atau *elongasi* ini dipengaruhi oleh jenis bahan penyusun *edible film* serta jenis *plasticizer* yang ditambahkan.

Secara keseluruhan dari uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pemberian *plasticizer* nilai *tensile strength* semakin menurun. Sebaliknya, semakin banyak pemberian *plasticizer* maka nilai *elongation* semakin meningkat.

#### 4.4.3 Transmisi Uap Air

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan terhadap transmisi uap air menunjukkan penggunaan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan tidak ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0.05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap transmisi uap air

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *edible film* dengan transmisi uap air terbaik dari perlakuan polietilen glikol 3 mL. Hasil transmisi uap air dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 2.35 – 2.89 gram/m<sup>2</sup>.24jam. dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan, maka nilai transmisi uap air semakin meningkat. Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, maka nilai laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan juga semakin tinggi. Jumlah komponen bersifat hidrofilik dalam jaringan atau matrik *film* juga tinggi sehingga bagian hidrofilik *film* tersebut menambahkan bagian atau daerah pada *edible film* yang dapat digunakan untuk transfer uap air (Tamaela & Lewerissa 2008).

Nilai transmisi pada penelitian ini terlihat tidak stabil, hal tersebut mungkin dikarenakan adanya gelembung gas ataupun lubang pada *edible film* yang diakibatkan saat proses pembuatan kurang homogen. Kemampuan *edible film* dalam menahan uap air dan gas dipengaruhi oleh karakteristik *edible film* tersebut. Kemungkinan dalam *edible film* tersebut terdapat gelembung gas dan

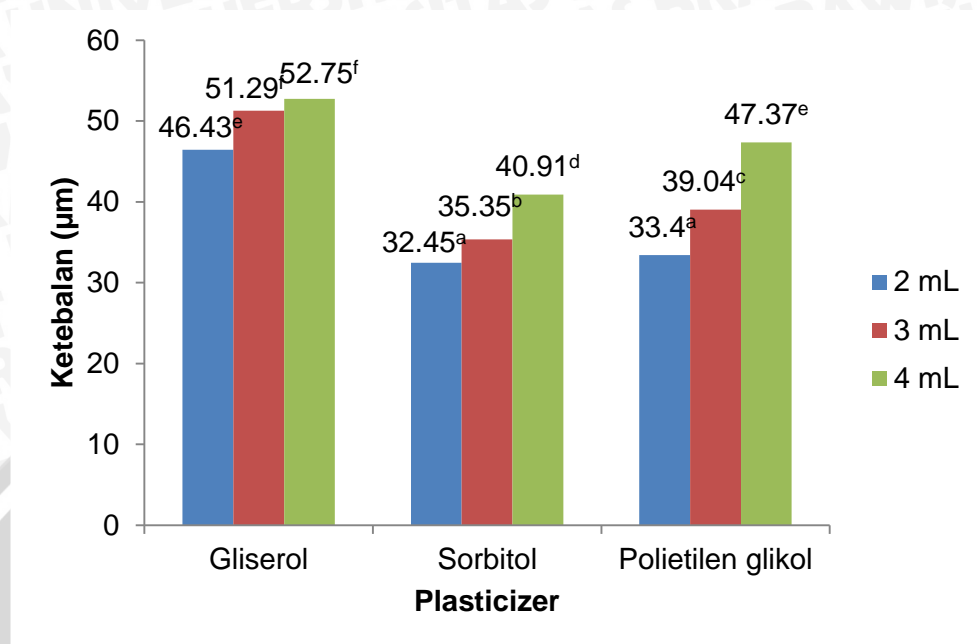


lubang yang dipengaruhi oleh teknik pembuatan dan komposisi kimia termasuk jenis *plasticizer* (Nurdiana 2002).

Transmisi uap air didefinisikan laju konstan dimana uap air merembes melalui *edible film* pada suhu dan kelembaban relatif tertentu (Budyanto & Kusnadi 2013). Laju transmisi uap air akan berpengaruh terhadap kemampuan *edible film* dalam menahan uap air. *Edible film* yang mempunyai nilai laju transmisi uap air yang rendah cocok digunakan untuk mengemas produk yang memiliki kelembaban yang tinggi.

#### 4.4.4 Ketebalan

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan terhadap ketebalan menunjukkan penggunaan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0.05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap ketebalan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *edible film* dengan ketebalan terbaik dari perlakuan sorbitol 2 mL. Hasil ketebalan *edible film* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 32.45 – 52.75  $\mu\text{m}$ . Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan, maka ketebalan akan semakin tinggi karena jumlah padatan pada larutan *film* tersebut bertambah. Ketebalan akan berpengaruh terhadap permeabilitas, semakin tinggi ketebalan *edible film* tersebut maka akan semakin kecil nilai permeabilitas dan akan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Menurut Tamaela & Lewerissa (2008), semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka ketebalan *edible film* yang dihasilkan juga semakin tinggi (tebal). Dengan meningkatnya konsentrasi *plasticizer* akan meningkatkan jumlah total padatan dari karagenan, sehingga sedimen yang mengendap sebagai pembentuk *film* semakin tebal.

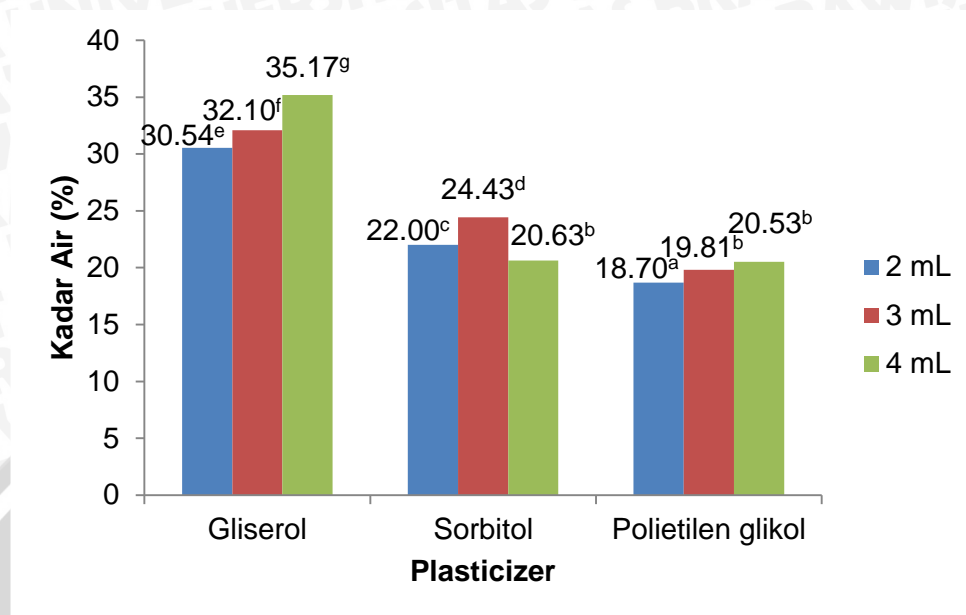
Ketebalan adalah salah satu parameter penting yang berpengaruh terhadap kualitas *edible film*. Ketebalan berkaitan dengan kemampuan *edible film* untuk melindungi produk pangan (Budyanto & Kusnadi 2013). Ketebalan *edible*

*film* akan berhubungan dengan kemampuannya dalam melindungi produk. Selain itu ketebalan *edible film* juga akan berpengaruh terhadap permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil sehingga dapat melindungi produk dengan baik. Ketebalan juga akan mempengaruhi sifat mekanik lainnya yaitu *tensile strength* dan *elongasi*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemas. Menurut Pascal & Lin (2012), ketebalan *edible film* biasanya diantara 50 sampai 250  $\mu\text{m}$  dapat digunakan untuk membungkus produk atau membuat kantong tas.

#### 4.4.5 Kadar Air

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan terhadap kadar air menunjukkan penggunaan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0.05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 15.





**Gambar 15.** Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap kadar air

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *edible film* dengan kadar air terbaik dari perlakuan polietilen glikol 2 mL. Kadar air *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* berkisar antara 18.70 – 35.17%. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* dapat meningkatkan persentase kadar air *edible film*. Kadar air akan berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan aktivitas antimikroba pada *edible film*.

Perbedaan tingginya kadar air dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Baik metode maupun waktu pengeringan berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah kadar air yang dikeringkan. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu kelembapan udara sekitar yang berkaitan dengan tempat penyimpanan bahan, sifat, dan jenis bahan maupun perlakuan yang telah dialami oleh bahan tersebut (Setiani *et al.* 2013). Menurut Bourtoom (2008), peningkatan konsentrasi *plasticizer* meningkatkan kadar air dari *film* karena higroskopis yang tinggi.

#### 4.5 Perlakuan Terpilih

Penentuan perlakuan terpilih didapatkan dari menganalisa karakteristik kimia dan fisik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan. Parameter perlakuan terpilih meliputi 5 parameter, yaitu kadar air, *tensile strenght*, *elongasi* transmisi uap air, dan ketebalan. Nilai tiap parameter yang diharapkan berbeda-beda, *tensile strength* dan *elongasi* diambil nilai tertinggi, transmisi, ketebalan, dan kadar air diambil nilai terendah.

Pada penelitian perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan mix kappa-iota karagenan, sifat yang menentukan kualitas *edible film* berdasarkan ketebalan, *tensile strength*, *elongasi*. Menurut Yulianti & Ginting (2012), pada penelitiannya tentang *edible film* dari umbi-umbian, sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, perpanjangan, dan kuat tarik. Sifat fisik *edible film* lebih dipengaruhi oleh bahan *edible film*. Pada penelitian ini yang menjadi faktor terhadap kualitas *edible film* yaitu jenis *plasticizer* sebagai bahan tambahan.

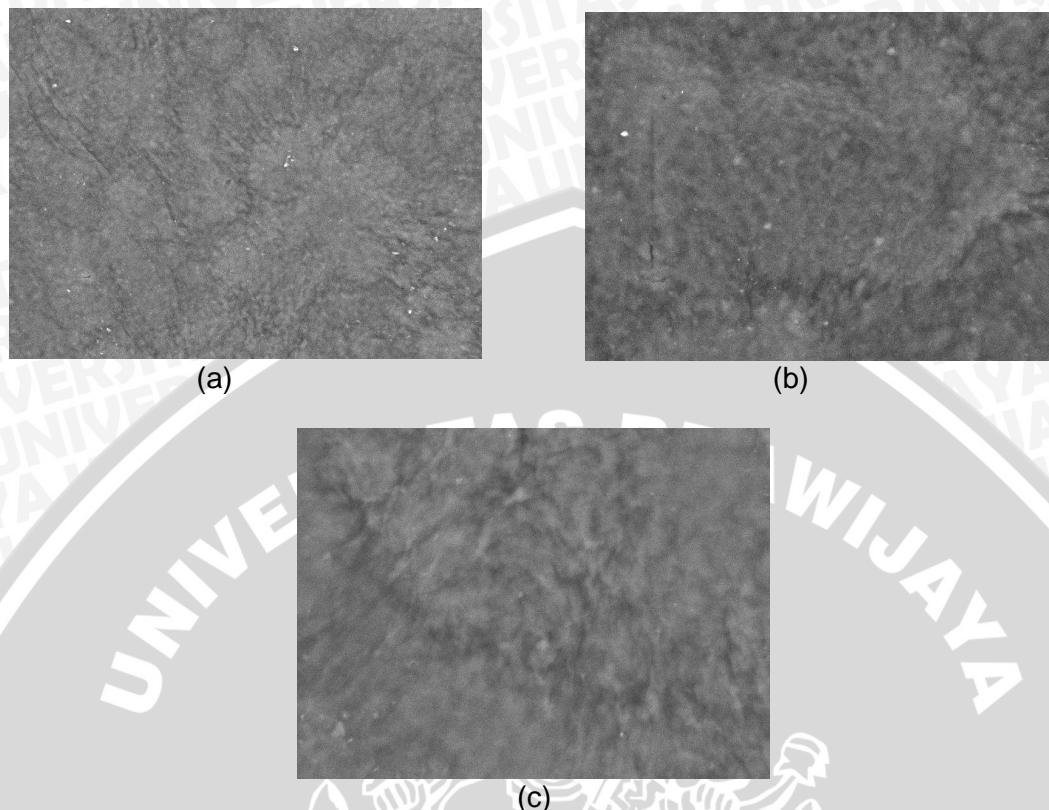
Perlakuan terpilih pada penelitian *edible film* kappa dan iota karagenan dengan tiga jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu: uji kadar air diambil nilai terendah yaitu 18.7% pada perlakuan  $A_3B_1$  dengan penambahan *plasticizer* polietilen glikol 2 mL. Uji transmisi uap air diambil nilai terendah yaitu 2.35 gram/m<sup>2</sup>.24jam pada perlakuan  $A_3B_2$  dengan penambahan *plasticizer* polietilen glikol 3 mL. Uji ketebalan diambil nilai terendah yaitu 32.45  $\mu\text{m}$  pada perlakuan  $A_2B_1$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 2 mL. Uji perpanjangan diambil nilai tertinggi yaitu 11.8% pada perlakuan  $A_2B_3$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 4 mL. Dan Uji *tensile strength* diambil nilai tertinggi yaitu 11.47 N/mm<sup>2</sup> pada perlakuan  $A_2B_1$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 2 mL.

Berdasarkan hasil analisa terhadap karakteristik *edible film*, perlakuan yang cenderung memiliki nilai tiap uji lebih baik atau memenuhi nilai yang diharapkan yaitu pada perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL). Dengan hasil nilai tiap uji yaitu kadar air 22%, transmisi uap air 2.85 gram/m<sup>2</sup>.24jam, ketebalan 32.45 µm, perpanjangan 7.95%, dan *tensile strength* 11.47 N/mm<sup>2</sup>. Nilai tiap parameter pada penelitian ini terhadap standar *edible film* komersil pada Tabel 1. *tensile strength* yaitu 11.47 N/mm<sup>2</sup> pada grade 10 dengan nilai minimal 1.0 N/cm<sup>2</sup>, *elongasi* yaitu 7.95% pada grade 10 dengan nilai minimal 5%, dan transmisi uap air yaitu 2.85 gram/m<sup>2</sup>.jam pada grade 11 dengan nilai maksimal 3 g/cm<sup>2</sup>.jam.

#### 4.6 Analisa *Scanning Electronic Microscope* (SEM) dari Perlakuan Terpilih

Analisa *Scanning Electronic Microscope* (SEM) pada *edible film* mix kappa-iota karagenan dengan tiga jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur dari *edible film*. Menurut (Zaidar *et al.* 2013), dilakukan uji SEM untuk melihat kompatibilitas campuran zat tambahan serta menunjukkan morfologi permukaan dari film apakah sudah merata. Hasil proses pembuatan *edible film* dilakukan pengujian struktur dengan SEM oleh karena analisis SEM berfungsi menentukan bentuk (morfologi) serta perubahan dari suatu bahan. Berdasarkan analisa diperoleh hasil mikrostruktur *edible film* dapat dilihat pada Gambar 16.

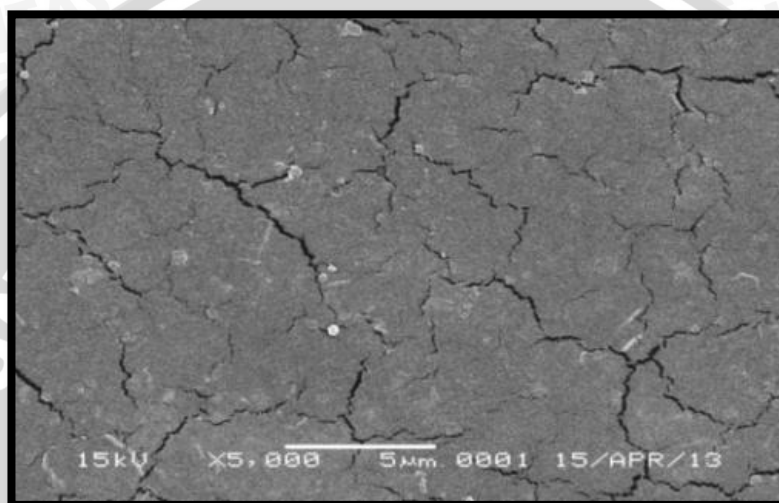




**Gambar 16.** Mikrostruktur *edible film* mix Kappa-lota Karagenan dengan *plasticizer* sorbitol konsentrasi 2%. (a) Perbesaran 1000X, (b) Perbesaran 2000X, (c) Perbesaran 3000X.

Hasil analisis morfologi menunjukkan permukaan yang halus dan merata namun masih ada sedikit lekukan-lekukan. Lekukan-lekukan tersebut kemungkinan disebabkan oleh karagenan dan sorbitol yang kurang homogen saat proses pembuatan *edible film*. struktur *edible film* terlihat lebih halus serta lebih rapat bila dibandingkan dengan hasil SEM sampel *edible film* pada Gambar 17. dari penelitian yang dilakukan oleh (Setiani *et al.* 2013). Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL) dapat meningkatkan kerapatan mikrostruktur *edible film mix kappa iota* karagenan. Menurut (Setiani *et al.* 2013), berdasarkan hasil uji SEM dengan komposisi variabel pati sukun-kitosan-sorbitol (6:4:30%) terlihat bahwa permukaan struktur molekul *edible film* pati sukun terlihat tidak rapat. Retakan yang terjadi pada *edible film* tersebut diduga diakibatkan oleh serat kitosan yang ukuran partikelnya

cukup besar yaitu 20-30 *mesh* sehingga tidak terlarut sempurna. Dengan kurang rapatnya struktur atau retakan dari serat-serat tersebut menyebabkan air akan terserap lebih banyak. Gambar tersebut juga menunjukkan permukaan yang kurang halus dan berpori. Permukaan yang tidak halus tersebut mengindikasikan bahwa *film* kurang homogen.



**Gambar 17.** Penampang *Edible Film* Pati Sukun-Kitosan Formulasi 6:4, Konsentrasi Sorbitol 30 % dengan Perbesaran 5000 x.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Penggunaan 3 jenis *plasticizer* yang berbeda (Gliserol, Sorbitol, dan Polietilen glikol) memberikan pengaruh peningkatan terhadap karakteristik kimia dan fisik *edible film* yaitu kadar air, transmisi uap air, ketebalan, dan perpanjangan. Serta memberikan pengaruh penurunan terhadap sifat *tensile strength* (kuat tarik) pada *edible film*. *Plasticizer* yang terpilih untuk karakteristik *edible film* mix kappa iota karagenan perbandingan 3:1 yaitu 1.5 gram kappa dan 0.5 gram iota adalah *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL).

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini hasil sifat karakteristik *edible film* berdasarkan standar komersil masih berada pada grade 11, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna meningkatkan standar pada *edible film* mix kappa-iota karagenan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akili, M.S., Ahmad, U. & Suyatma, N.E., 2012. Karakteristik *Edible Film* dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 26(1), pp.39–46.
- Amaliya, R.R., 2013. Karakterisasi *Edible Film* dari Pati Jagung dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih sebagai Antibakteri. Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang
- Anita, Z., Akbar, F. & Harahap, H., 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik *Film* Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(2), pp.37–41.
- Antoniou, J., Fei, L., Hamid, M., Haroon, J., & Fang, Zhong. 2014. *Physicochemical and Thermomechanical Characterization of Tara Gum Edible Films: Effect of Polyols as Plasticizers*. *Carbohydrate polymers*, 111, pp.359–65.
- Aydinli, M., Tutas, M. & Bozdemir, A., 2004. *Mechanical and Light Transmittance Properties of Locust Bean Gum Based Edible Films*. *Turk Journal Chemistry*, 28, pp.163–171.
- Bourtoom, T., 2008. *Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30, pp. 149-165.
- Budyanto, P. & Kusnadi, J., 2013. Formulasi *Edible Film Antibacterial Active Packaging* dengan Penambahan Ekstrak Antibakteri Daun Jati. Artikel. pp.1-14.
- Cholik, F., Jagatraya, R.P., Pernomo, & Ahmad J., 2005. *Akuakultur*. Taman Air Tawar. Jakarta
- Debeaufort, Frederic & Andree V., 1997. *Methylcellulose-Based Adible Films and Coatings: 2. Mechanical and Thermal Properties as a Function of Plasticizer Content*. *Journal Agric. Food Chemisthry*. pp. 1-9.
- Distantina, S., Fadilah, Rochmawadi, Moh. F., & Wiratni, 2010. Proses Ekstraksi Karagenan dari *Eucheuma cottonii*. , pp.4–5.
- Embuscado, M.E. & Huber, K.C., 2009. *Edible Films and Coatings for Food Applications* K. C. Huber & M. E. Embuscado, eds., New York, NY: Springer New York.
- Fatimah, C. & Marpongahtun, Z., 2013. *Physical-Mechanical Properties And Microstructure Of Breadfruit Starch Edible Films With Various Plasticizer*. *Eksakta*, 13(1-2).

- Fonkwe, L.G., Archibald, D.A. & Gennadios, A., 2005. *Non-Gelatin Capsule Shell Formulation.* , (12).
- Handito, D., 2011. pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik *Edible Film*. *Agroteksos*, 21(2-3), pp.151–157.
- Herma, P.D., 2007. Optimasi Komposisi Polietilen Glikol 400 dan Gliserol Sebagai Humectant dalam Formula Krim Anti Hair Loss Ekstrak Saw Palmetto (*Serenoa repens*): Aplikasi Desain. Skripsi. Fakultas Farmasi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Huri, D. & Nisa, F.C., 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film*. *Jurnal pangan dan Agroindustri*, 2(4), pp.29–40.
- Irmawan. A. B., 2013. Skripsi. Pengaruh Suhu dan Lama Penggorengan yang Berbeda pada Mi Instan Lele Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas*) yang Difortifikasi dengan *Lactobacillus acidophilus* Terhadap Viabilitas *Lactobacillus acidophilus*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Kasim, S., 2013. Rendemen Karaginan Yang Diperoleh Dari Rumput Laut Jenis *Eucheuma spinosum* Asal Kota Bau-Bau. *Majalah farmasi dan Farmakologi*, 17(4), p.8.
- Larotonda, F.D.S., 2007. *Biodegradable Films and Coatings Obtained from Carrageenan from Mastocarpus stellatus and Starch from Quercus suber*, America.
- Martins, J.T., Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., & Vicente, A. A., 2014. *Edible Films-Based on  $\kappa$ -carrageenan / Locust Bean Gum – Effects of Different Polysaccharide Ratios on Film Properties.* pp. 1-6.
- Nugroho, A., 1994. Budidaya, Pengolahan, dan Pemasaran Rumput Laut. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nurdiana, D., 2002. Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Khitosan dengan Sorbitol Sebagai *Plasticizer*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pascal, M.A. & Lin, S.-J., 2012. *The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry.* *Journal of Food Processing & Technology*, 04(02).
- Pebrianata, E., 2005. Pengaruh Pencampuran Kappa dan Iota Karagenan Terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karagenan Campuran. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.



- Phillips, G.O., & P. A. Williams, 2001. *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press. Inggris.
- Purwanti, A., 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. , 3, pp.99–106.
- Rachmawati, A.K., 2009. *Ekstraksi Dan karakterisasi Pektin Cincau Hijau (Premna oblongifolia. Merr) Untuk Pembuatan Edible Film*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rismawati, 2012. Studi Laju Pengeringan *Semi-Refined Carrageenan (SRC)* yang Diproduksi dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dengan Metode Pemanasan Konvensional dan Pemanasan Ohmic. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Santoso, B., Filli, P., Basuni, H., & Rindit P., 2011. Pengembangan *Edible Film* dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, XXII(2), pp.105–109.
- Setiani, W., Sudiarti, T. & Rahmidar, L., 2013. Preparasi Dan Karakterisasi *Edible Film* Dari Poliblend Pati. *Valensi*, 3(2), pp.100–109.
- Sinaga, L.L., Rejekina, M.S. & Sinaga, M.S., 2013. Karakteristik *Edible Film* dari Ekstrak Kacang Kedelai Bahan Pengemas Makanan. *Jurnal teknik Kimia*, 2(4), pp.12–16.
- Sudarmadji, S. B., Haryono & Suhardi. 2003. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Suppakul, P., Buppa, C., Bhatama, R., Sakpipat, P., & Kanapat M., 2006. *Plasticizer and Relative Humidity Effects on Mechanical Properties of Cassava Flour Films*. pp. 1-5.
- Suryaningrum, T.D., Basmal, J. & Nurochmawati, 2005. Studi Pembuatan *Edible Film* Dari Karaginan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(4), p.13.
- Tamaela, P. & Lewerissa, S., 2008. Karakteristik *Edible Film* dari Karagenan. *Ichthyos*, 7(1), pp.27–30.
- Ulfah, M., 2009. Pemanfaatan Iota Karaginan (*Eucheuma spinosum*) dan Kappa Karaginan (*Kappaphycus alvarezii*) Kekenyalan Mie Kering. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wibowo, S., 2014. 60 Tahun Perikanan Indonesia. Universitas Brawijaya. Malang.
- Widyaningsih, S., Kartika, D. & Nurhayati, Y.T., 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi *Film* dari Pati Kulit Pisang. *Molekul*, 7(1), pp.69–81.



Widyastuti, S., 2008. Kadar Karagenan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Strain Maumere dan Tembalang pada Beberapa Umur Panen di Muluk Lombok Tengah. *Agroteksos*, 17(2), pp.123–128.

Winarno. F.G. 1996. Kimia Pangan dan Gizi. Pt. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Winarti, C., Miskiyah & Widaningrum, 2012. Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas *Edible* Antimikroba Berbasis Pati. *Jurnal Litbang*, 31(3), pp.85–93.

Wirawan, S.K., Prasetya, A. & Ernie, 2012. Pengaruh *Plasticizer* pada Karakteristik *Edible Film* dari pektin. *Reaktor*, 14(1), pp.61–67.

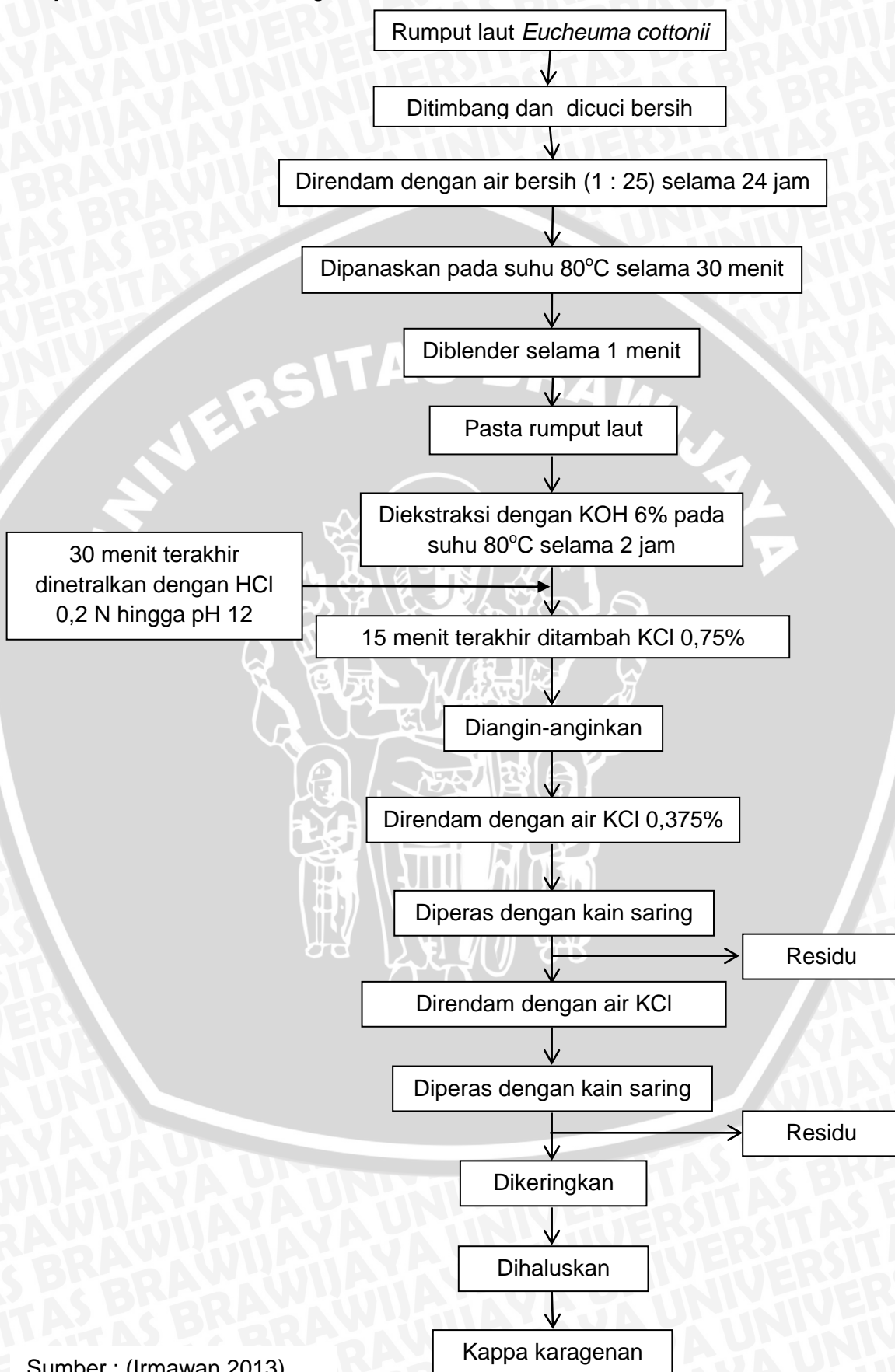
Wittaya, T., 2013. *Influence of Type and Concentration of Plasticizers on the Properties of Edible Film From Mung Bean Proteins*. *KMTIL Science and technology Journal*, 13(1), pp.51–58.

Yulianti, R. & Ginting, E., 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan *Plasticizer*, pp.131–136.

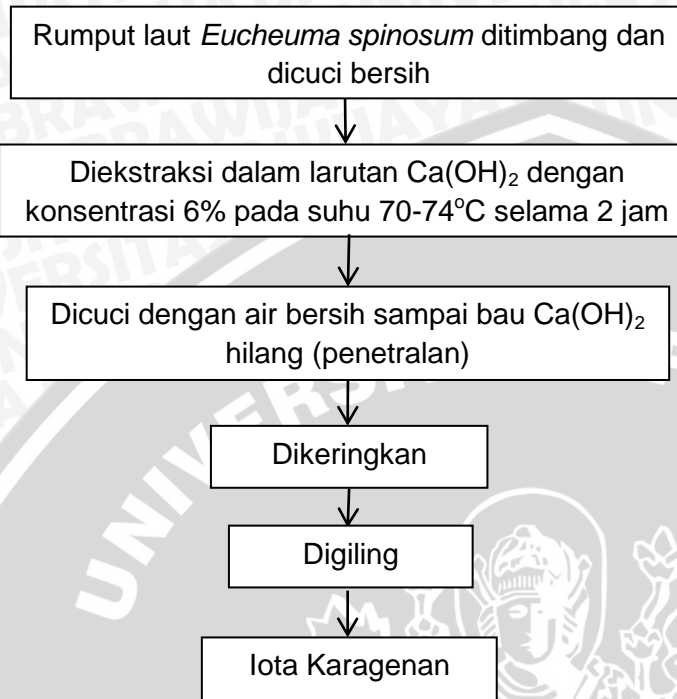
Zaidar, E., Rumodang, B., Zul., A., Sri, T. R. S., & Dwi, L. A., 2013. Pembuatan *Edible Film* dari Campuran Tepung Rumput Laut (*Euchepeuma Sp*), dengan Gliserol dan Kitosan. , pp.125–130.



Lampiran 1. Pembuatan Karagenan dari *Eucheuma cottonii* Metode Gel Press



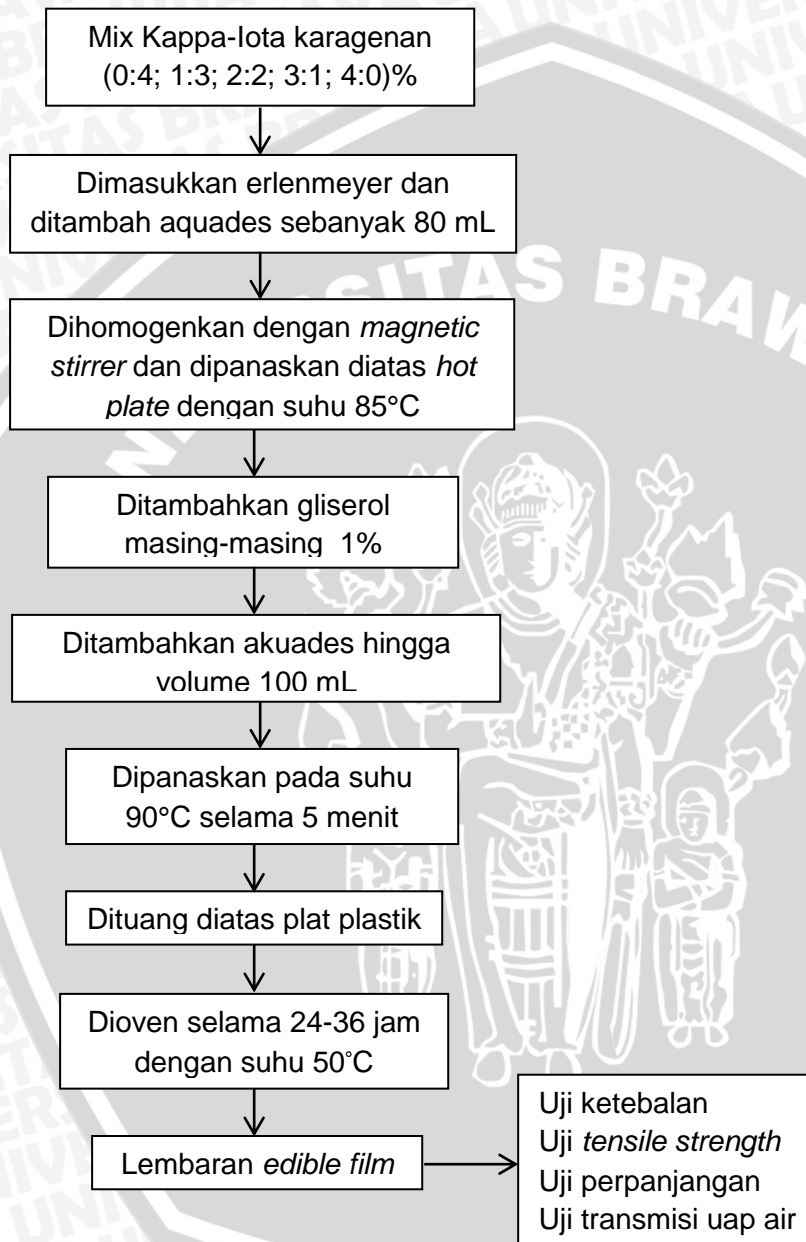
Sumber : (Irmawan 2013)

**Lampiran 2.** Pembuatan Karagenan dari *Eucheuma spinosum* metode PNG

Sumber : (Phillips & Williams 2001)

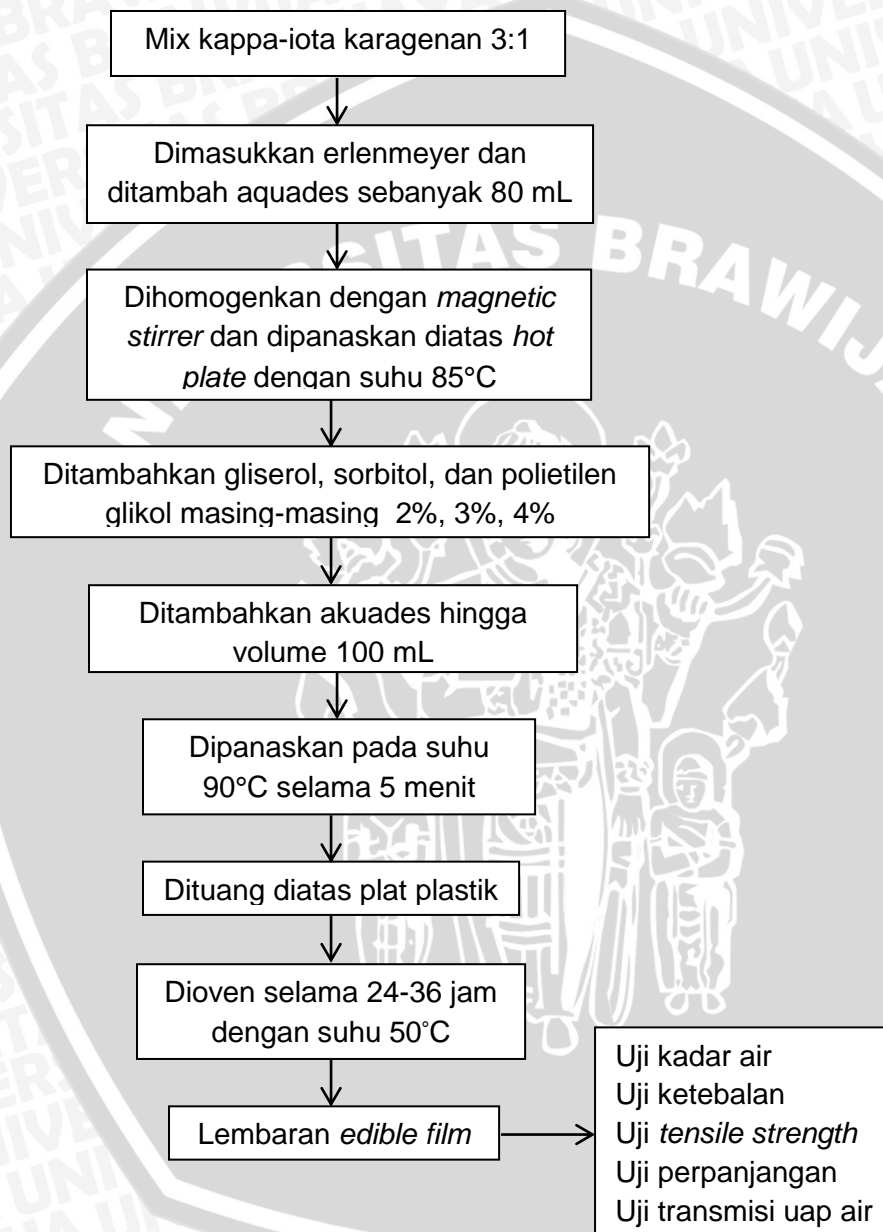


**Lampiran 3.** Prosedur Penelitian Pendahuluan Pembuatan *Edible Film Mix*  
Kappa-lota Karagenan



Sumber : (Tamaela & Lewerissa 2008)

Lampiran 4. Prosedur Pembuatan *Edible Film* dengan *Plasticizer* Gliserol, Sorbitol, dan Polietilen glikol



Sumber : (Tamaela & Lewerissa 2008)





**Lampiran 5. Penelitian Pendahuluan**

**5.1 Tensile Strength**

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A1	32.75	29.52	30.22	30.57	31.29	154.35	30.87
A2	34.09	34.56	35.53	35.10	34.82	174.10	34.82
A3	36.06	36.61	36.37	38.86	36.23	184.13	36.83
A4	25.07	27.83	26.4	28.93	27.19	135.42	27.08
A5	33.00	30.05	29.05	28.14	29.73	149.97	29.99

**a. Uji Normalitas Data**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Tensile_strength
N		25
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	31.9188
	Std. Deviation	3.75215
Most Extreme Differences	Absolute	.120
	Positive	.120
	Negative	-.119
Kolmogorov-Smirnov Z		.602
Asymp. Sig. (2-tailed)		.862

a. Test distribution is Normal.

**b. Uji Homogenitas Data**

Test of Homogeneity of Variances			
Tensile_strength			
Levene	df1	df2	Sig.
Statistic			
.776	4	20	.554

**c. Sidik Ragam (ANOVA)**

ANOVA					
Tensile_strength					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	303.389	4	75.847	43.970	.000
Within Groups	34.499	20	1.725		
Total	337.888	24			



**d. Uji Lanjut BNT**

Multiple Comparisons						
Tensile_strength						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Lower Bound	Interval Upper Bound
Perbandingan_karagenan	Perbandingan_karagenan					
1 : 3	2 : 2	-3.9500*	.83065	.001	-6.4356	-1.4644
	3 : 1	-5.9560*	.83065	.000	-8.4416	-3.4704
	1 : 0	3.7860*	.83065	.002	1.3004	6.2716
	0 : 1	.87600	.83065	.827	-1.6096	3.3616
2 : 2	1 : 3	3.95000	.83065	.001	1.4644	6.4356
	3 : 1	-2.00600	.83065	.152	-4.4916	.4796
	1 : 0	7.73600*	.83065	.000	5.2504	10.2216
	0 : 1	4.82600*	.83065	.000	2.3404	7.3116
3 : 1	1 : 3	5.95600*	.83065	.000	3.4704	8.4416
	2 : 2	2.00600	.83065	.152	-.4796	4.4916
	1 : 0	9.74200*	.83065	.000	7.2564	12.2276
	0 : 1	6.83200*	.83065	.000	4.3464	9.3176
1 : 0	1 : 3	-3.78600*	.83065	.002	-6.2716	-1.3004
	2 : 2	-7.73600*	.83065	.000	-10.2216	-5.2504
	3 : 1	-9.74200*	.83065	.000	-12.2276	-7.2564
	0 : 1	-2.91000*	.83065	.017	-5.3956	-.4244
0 : 1	1 : 3	-.87600	.83065	.827	-3.3616	1.6096
	2 : 2	-4.82600*	.83065	.000	-7.3116	-2.3404
	3 : 1	-6.83200*	.83065	.000	-9.3176	-4.3464
	1 : 0	2.91000*	.83065	.017	.4244	5.3956

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**e. Pemberian Notasi**

Tensile_strength				
Tukey HSD				
Perbandingan_karagenan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1 : 0	5	27.0840		
0 : 1	5		29.9940	
1 : 3	5		30.8700	
2 : 2	5			34.8200
3 : 1	5			36.8260
Sig.		1.000	.827	.152

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



**5.2 Perpanjangan (Elongasi)**

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
<b>A1</b>	9.86	7.98	10.00	7.78	7.89	43.51	8.70
<b>A2</b>	8.69	7.56	6.57	8.94	6.56	38.32	7.66
<b>A3</b>	13.78	13.89	12.46	12.86	14.89	67.88	13.58
<b>A4</b>	2.15	2.73	2.09	3.18	2.47	12.62	2.52
<b>A5</b>	14.91	13.33	13.75	14.76	14.09	70.84	14.17

**a. Uji Normalitas Data**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Elongasi
N		25
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	9.3268
	Std. Deviation	4.43005
Most Extreme Differences	Absolute	.160
	Positive	.117
	Negative	-.160
Kolmogorov-Smirnov Z		.801
Asymp. Sig. (2-tailed)		.542

a. Test distribution is Normal.

**b. Uji Homogenitas Data**

Test of Homogeneity of Variances				
Elongasi				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
2.716	4	20	.059	

**c. Sidik Ragam (ANOVA)**

ANOVA					
Elongasi					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	454.631	4	113.658	138.804	.000
Within Groups	16.377	20	.819		
Total	471.008	24			





**d. Uji Lanjut BNT**

Multiple Comparisons						
Elongasi						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
Perbandingan_karangan	Perbandingan_karangan	Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
1 : 3	2 : 2	1.03800	.57231	.394	-.6746	2.7506
	3 : 1	-4.87400	.57231	.000	-6.5866	-3.1614
	1 : 0	6.17800	.57231	.000	4.4654	7.8906
	0 : 1	-5.46600	.57231	.000	-7.1786	-3.7534
2 : 2	1 : 3	-1.03800	.57231	.394	-2.7506	.6746
	3 : 1	-5.91200	.57231	.000	-7.6246	-4.1994
	1 : 0	5.14000	.57231	.000	3.4274	6.8526
	0 : 1	-6.50400	.57231	.000	-8.2166	-4.7914
3 : 1	1 : 3	4.87400	.57231	.000	3.1614	6.5866
	2 : 2	5.91200	.57231	.000	4.1994	7.6246
	1 : 0	11.05200	.57231	.000	9.3394	12.7646
	0 : 1	-.59200	.57231	.837	-2.3046	1.1206
1 : 0	1 : 3	-6.17800	.57231	.000	-7.8906	-4.4654
	2 : 2	-5.14000	.57231	.000	-6.8526	-3.4274
	3 : 1	-11.05200	.57231	.000	-12.7646	-9.3394
	0 : 1	-11.64400	.57231	.000	-13.3566	-9.9314
0 : 1	1 : 3	5.46600	.57231	.000	3.7534	7.1786
	2 : 2	6.50400	.57231	.000	4.7914	8.2166
	3 : 1	.59200	.57231	.837	-1.1206	2.3046
	1 : 0	11.64400	.57231	.000	9.9314	13.3566

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**e. Pemberian Notasi**

Elongasi				
Tukey HSD				
Perbandingan_karangan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1 : 0	5	2.5240		
2 : 2	5		7.6640	
1 : 3	5		8.7020	
3 : 1	5			13.5760
0 : 1	5			14.1680
Sig.		1.000	.394	.837

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



**5.3 Transmisi Uap Air Edible Film**

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
<b>A1</b>	2.68	2.94	2.65	2.45	2.68	13.40	2.68
<b>A2</b>	4.89	4.19	5.34	6.14	5.87	26.43	5.29
<b>A3</b>	7.58	5.34	4.60	6.76	4.15	28.43	5.69
<b>A4</b>	1.89	2.59	1.90	2.79	2.54	11.71	2.34
<b>A5</b>	3.85	4.23	3.79	3.53	3.85	19.25	3.85

**a. Uji normalitas data**

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Transmisi_uap_air
N		25
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	3.9688
	Std. Deviation	1.54016
Most Extreme Differences	Absolute	.148
	Positive	.148
	Negative	-.089
Kolmogorov-Smirnov Z		.740
Asymp. Sig. (2-tailed)		.645

a. Test distribution is Normal.

**b. Uji homogenitas data**

Test of Homogeneity of Variances				
Transmisi_uap_air				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
8.579	4	20	.000	

**c. Sidik ragam ANOVA**

ANOVA					
Transmisi_uap_air					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45.027	4	11.257	18.914	.000
Within Groups	11.903	20	.595		
Total	56.930	24			



**d.Uji lanjut BNT**

Multiple Comparisons						
Transmisi_uap_air						
Tukey HSD						
(I) Perbanding an	(J) Perbandin gan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound Upper Bound	
kappa 0 : iota 4	kappa 1 : iota 3	-2.60600 <sup>*</sup>	.48792	.000	-4.0660	-1.1460
	kappa 2 : iota 2	-3.00600 <sup>*</sup>	.48792	.000	-4.4660	-1.5460
	kappa 3 : iota 1	.33800	.48792	.956	-1.1220	1.7980
	kappa 4 : iota 0	-1.17000	.48792	.157	-2.6300	.2900
	kappa 0 : iota 3	2.60600 <sup>*</sup>	.48792	.000	1.1460	4.0660
kappa 1 : iota 3	kappa 2 : iota 2	-.40000	.48792	.921	-1.8600	1.0600
	kappa 3 : iota 1	2.94400 <sup>*</sup>	.48792	.000	1.4840	4.4040
	kappa 4 : iota 0	1.43600	.48792	.055	-.0240	2.8960
	kappa 0 : iota 4	3.00600 <sup>*</sup>	.48792	.000	1.5460	4.4660
	kappa 1 : iota 3	.40000	.48792	.921	-1.0600	1.8600
kappa 2 : iota 2	kappa 3 : iota 1	3.34400 <sup>*</sup>	.48792	.000	1.8840	4.8040
	kappa 4 : iota 0	1.83600 <sup>*</sup>	.48792	.010	.3760	3.2960
	kappa 0 : iota 4	-.33800	.48792	.956	-1.7980	1.1220
	kappa 1 : iota 3	-2.94400 <sup>*</sup>	.48792	.000	-4.4040	-1.4840
	kappa 2 : iota 2	-3.34400 <sup>*</sup>	.48792	.000	-4.8040	-1.8840
kappa 3 : iota 1	kappa 4 : iota 0	-1.50800 <sup>*</sup>	.48792	.041	-2.9680	-.0480
	kappa 0 : iota 4	1.17000	.48792	.157	-.2900	2.6300
	kappa 1 : iota 3	-1.43600	.48792	.055	-2.8960	.0240
	kappa 2 : iota 2	-1.83600 <sup>*</sup>	.48792	.010	-3.2960	-.3760
	kappa 3 : iota 1	1.50800 <sup>*</sup>	.48792	.041	.0480	2.9680





\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**e. Pemberian notasi**

Transmisi_uap_air					
Tukey HSD					
Perbandingan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
kappa 3 : iota 1	5	2.3420			
kappa 0 : iota 4	5	2.6800	2.6800		
kappa 4 : iota 0	5		3.8500	3.8500	
kappa 1 : iota 3	5			5.2860	5.2860
kappa 2 : iota 2	5				5.6860
Sig.		.956	.157	.055	.921

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



**5.4 Ketebalan Edible Film**

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
<b>A1</b>	100.50	102.06	98.50	101.97	99.87	502.90	100.58
<b>A2</b>	88.75	87.67	89.06	87.15	90.08	442.71	88.54
<b>A3</b>	82.10	82.50	81.83	79.75	81.15	407.33	81.47
<b>A4</b>	72.60	71.35	70.94	72.58	71.59	359.06	71.81
<b>A5</b>	80.60	79.47	79.11	80.27	80.38	399.83	79.97

**a. Uji Normalitas Data**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Ketebalan
N		25
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	84.4732
	Std. Deviation	9.89761
Most Extreme Differences	Absolute	.179
	Positive	.179
	Negative	-.122
Kolmogorov-Smirnov Z		.895
Asymp. Sig. (2-tailed)		.400

a. Test distribution is Normal.

**b. Uji Homogenitas Data**

**Test of Homogeneity of Variances**

Ketebalan				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
1.056	4	20	.404	

**c. Sidik Ragam (ANOVA)**

**ANOVA**

Ketebalan					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2328.241	4	582.060	509.217	.000
Within Groups	22.861	20	1.143		
Total	2351.102	24			



**d. Uji Lanjut BNT**

Multiple Comparisons						
Ketebalan						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
Perba	Perba	Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
nding	nding					
an_ka	an_ka					
ragen	ragen					
an	an					
1 : 3	2 : 2	12.03800*	.67618	.000	10.0146	14.0614
	3 : 1	19.11400*	.67618	.000	17.0906	21.1374
	1 : 0	28.76800*	.67618	.000	26.7446	30.7914
	0 : 1	20.61400*	.67618	.000	18.5906	22.6374
2 : 2	1 : 3	-12.03800*	.67618	.000	-14.0614	-10.0146
	3 : 1	7.07600*	.67618	.000	5.0526	9.0994
	1 : 0	16.73000*	.67618	.000	14.7066	18.7534
	0 : 1	8.57600*	.67618	.000	6.5526	10.5994
3 : 1	1 : 3	-19.11400*	.67618	.000	-21.1374	-17.0906
	2 : 2	-7.07600*	.67618	.000	-9.0994	-5.0526
	1 : 0	9.65400*	.67618	.000	7.6306	11.6774
	0 : 1	1.50000	.67618	.213	-.5234	3.5234
1 : 0	1 : 3	-28.76800*	.67618	.000	-30.7914	-26.7446
	2 : 2	-16.73000*	.67618	.000	-18.7534	-14.7066
	3 : 1	-9.65400*	.67618	.000	-11.6774	-7.6306
	0 : 1	-8.15400*	.67618	.000	-10.1774	-6.1306
0 : 1	1 : 3	-20.61400*	.67618	.000	-22.6374	-18.5906
	2 : 2	-8.57600*	.67618	.000	-10.5994	-6.5526
	3 : 1	-1.50000	.67618	.213	-3.5234	.5234
	1 : 0	8.15400*	.67618	.000	6.1306	10.1774

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**e. Pemberian Notasi**

Ketebalan					
Tukey HSD					
Perbandingan_karagena	N	Subset for alpha = 0.05			
n		1	2	3	4
1 : 0	5	71.8120			
0 : 1	5		79.9660		
3 : 1	5		81.4660		
2 : 2	5			88.5420	
1 : 3	5				1.0058E 2
Sig.		1.000	.213	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.





**Lampiran 6. Penelitian Utama**

**6.1 Tensile Strength**

Plasticizer	Perlakuan <b>Volume</b>	ulangan			total	Rata-rata
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<b>Gli</b>	2	6.68	7.80	7.31	21.79	7.26
	3	4.10	2.72	3.48	10.30	3.43
	4	2.60	2.52	1.55	6.67	2.22
<b>Sor</b>	2	11.90	11.92	10.60	34.42	11.47
	3	10.10	11.15	10.40	31.65	10.55
	4	7.03	6.15	6.00	19.18	6.39
<b>Peg</b>	2	6.70	6.25	5.56	18.51	6.17
	3	1.36	2.18	2.58	6.12	2.04
	4	0.58	1.18	1.77	3.53	1.18

Descriptive Statistics					
Dependent Variable: TensileStrenght					
Plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N	
Gliserol	2 mL	7.2633	.56146	3	
	3 mL	3.4333	.69118	3	
	4 mL	2.2233	.58449	3	
	Total	4.3067	2.33997	9	
Sorbitol	2 mL	11.4733	.75639	3	
	3 mL	10.5500	.54083	3	
	4 mL	6.3933	.55645	3	
	Total	9.4722	2.40534	9	
Polietilen glikol	2 mL	6.1700	.57420	3	
	3 mL	2.0400	.62193	3	
	4 mL	1.1767	.59501	3	
	Total	3.1289	2.36846	9	
Total	2 mL	8.3022	2.48694	9	
	3 mL	5.3411	3.98940	9	
	4 mL	3.2644	2.44204	9	
	Total	5.6359	3.61562	27	



**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TensileStrenght						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	333.131 <sup>a</sup>	8	41.641	110.899	.000	.980
Intercept	857.619	1	857.619	2.284E3	.000	.992
Plasticizer	204.924	2	102.462	272.876	.000	.968
Konsentrasi	115.380	2	57.690	153.639	.000	.945
Plasticizer * Konsentrasi	12.827	4	3.207	8.540	.000	.655
Error	6.759	18	.375			
Total	1197.509	27				
Corrected Total	339.890	26				

a. R Squared = .980 (Adjusted R squared = .971)

**TensileStrenght**

Plasticizer	N	Subset		
		1	2	3
Polietilen glikol	9	3.1289		
Gliserol	9		4.3067	
Sorbitol	9			9.4722
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .375.



TensileStrenght				
Duncan				
Konsentrasi	N	Subset		
4 mL	9	1 3.2644	2	3 8.3022
3 mL	9		5.3411	
2 mL	9			8.3022
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .375.

TensileStrenght					
Duncan					
Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05			
Polietilen glikol - 4 ml	3	1 1.1767	2	3	4
Polietilen glikol - 3 ml	3	2.0400			
Gliserol - 4 ml	3	2.2233			
Gliserol - 3 ml	3		3.4333		
Polietilen glikol - 2 ml	3			6.1700	
Sorbitol - 4 ml	3			6.3933	
Gliserol - 2 ml	3			7.2633	
Sorbitol - 3 ml	3				10.5500
Sorbitol - 2 ml	3				11.4733
Sig.		.062	1.000	.052	.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



6.2 Perpanjangan

Plasticizer	Perlakuan Volume	Ulangan			total	Rata-rata
		1	2	3		
<b>Gli</b>	2	7.70	8.45	9.20	25.35	8.45
	3	9.29	8.82	9.56	27.67	9.22
	4	8.70	10.15	9.39	28.24	9.41
<b>Sor</b>	2	7.50	8.67	7.69	23.86	7.95
	3	9.70	10.06	8.90	28.66	9.55
	4	11.90	11.00	12.50	35.40	11.80
<b>Peg</b>	2	5.32	5.40	6.20	16.92	5.64
	3	6.50	7.05	6.44	19.99	6.66
	4	7.27	8.19	7.24	22.70	7.57

Descriptive Statistics

**Dependent Variable: Perpanjangan**

Plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
<b>Gliserol</b>	2 mL	8.4500	.75000	3
	3 mL	9.2233	.37448	3
	4 mL	9.4133	.72528	3
	Total	9.0289	.70884	9
<b>Sorbitol</b>	2 mL	7.9533	.62788	3
	3 mL	9.5533	.59375	3
	4 mL	11.800	.75498	3
	Total	9.7689	1.76911	9
<b>Polietilen glikol</b>	2 mL	5.6400	.48662	3
	3 mL	6.6633	.33620	3
	4 mL	7.5667	.54003	3
	Total	6.6233	.92589	9
<b>Total</b>	2 mL	7.3478	1.40896	9
	3 mL	8.4800	1.42418	9
	4 mL	9.5933	1.93012	9
	Total	8.4737	1.80387	27

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Perpanjangan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	78.228 <sup>a</sup>	8	9.779	27.614	.000	.925
Intercept	1938.699	1	1938.699	5.475E3	.000	.997
Plasticizer	48.686	2	24.343	68.745	.000	.884
Konsentrasi	22.692	2	11.346	32.041	.000	.781
Plasticizer * Konsentrasi	6.850	4	1.712	4.836	.008	.518
Error	6.374	18	.354			
Total	2023.301	27				
Corrected Total	84.602	26				

a. R Squared = .925 (Adjusted R Squared = .891)

**Perpanjangan**

Duncan

Plasticizer	N	Subset		
		1	2	3
Polietilen glikol	9	6.6233		
Gliserol	9		9.0289	
Sorbitol	9			9.7689
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .354.



**Perpanjangan**

Duncan				
Konsentrasi	N	Subset		
		1	2	3
2 mL	9	7.3478		
3 mL	9		8.4800	
4 mL	9			9.5933
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .354.

**Perpanjangan**

Duncan							
Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Polietilen glikol - 2 ml	3	5.6400					
Polietilen glikol - 3 ml	3		6.6633				
Polietilen glikol - 4 ml	3		7.5667	7.5667			
Sorbitol - 2 ml	3			7.9533			
Gliserol - 2 ml	3			8.4500	8.4500		
Gliserol - 3 ml	3				9.2233	9.2233	
Gliserol - 4 ml	3				9.4133	9.4133	
Sorbitol - 3 ml	3					9.5533	
Sorbitol - 4 ml	3						11.8000
Sig.		1.000	.079	.101	.075	.529	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.





6.3 Transmisi Uap Air

Plasticizer	Perlakuan Volume	ulangan			total	Rata-rata
		1	2	3		
<b>Gli</b>	2	2.90	2.88	2.9	8.68	2.89
	3	2.89	2.78	2.66	8.33	2.78
	4	2.9	2.96	2.81	8.67	2.89
<b>Sor</b>	2	3.12	2.78	2.66	8.56	2.85
	3	3.24	3.01	2.43	8.68	2.89
	4	3.38	3.7	3.21	10.29	3.43
<b>Peg</b>	2	2.2	2.66	2.31	7.17	2.39
	3	2.54	2.25	2.27	7.06	2.35
	4	2.31	2.89	2.97	8.17	2.72

Descriptive Statistics

Dependent Variable: TransmisiUapAir

Plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
<b>Gliserol</b>	2 mL	2.8933	.01155	3
	3 mL	2.7767	.11504	3
	4 mL	2.8900	.07550	3
	Total	2.8533	.08986	9
<b>Sorbitol</b>	2 mL	2.8533	.23861	3
	3 mL	2.8933	.41741	3
	4 mL	3.4300	.24880	3
	Total	3.0589	.38863	9
<b>Polietilen glikol</b>	2 mL	2.3900	.24021	3
	3 mL	2.3533	.16197	3
	4 mL	2.7233	.36019	3
	Total	2.4889	.29084	9
<b>Total</b>	2 mL	2.7122	.29563	9
	3 mL	2.6744	.33761	9
	4 mL	3.0144	.38946	9
	Total	2.8004	.36424	27

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TransmisiUapAir

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2.398 <sup>a</sup>	8	.300	5.131	.002	.695
Intercept	211.736	1	211.736	3.624E3	.000	.995
Plasticizer	1.500	2	.750	12.837	.000	.588
Konsentrasi	.625	2	.313	5.350	.015	.373
Plasticizer *	.273	4	.068	1.168	.358	.206
Konsentrasi						
Error	1.052	18	.058			
Total	215.186	27				
Corrected Total	3.449	26				

a. R Squared = .695 (Adjusted R Squared = .560)

**TransmisiUapAir**

Duncan

Plasticizer	N	Subset	
		1	2
Polietilen glikol	9	2.4889	
Gliserol	9		2.8533
Sorbitol	9		3.0589
Sig.		1.000	.088

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .058.



**TransmisiUapAir**

Duncan			
Konsentrasi	N	Subset	
		1	2
3 mL	9	2.6744	
2 mL	9	2.7122	
4 mL	9		3.0144
Sig.		.744	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .058.





6.4 Ketebalan

Plasticizer	Perlakuan Volume	ulangan			total	Rata-rata
		1	2	3		
<b>Gli</b>	2	46.30	47.00	46.00	139.30	46.43
	3	52.06	51.15	50.66	153.87	51.29
	4	52.75	52.26	53.25	158.26	52.75
<b>Sor</b>	2	32.63	32.16	32.56	97.35	32.45
	3	35.90	35.16	35.00	106.06	35.35
	4	41.56	41.16	40.00	122.72	40.91
<b>Peg</b>	2	33.70	33.80	32.70	100.20	33.40
	3	38.80	39.93	38.40	117.13	39.04
	4	46.43	48.15	47.53	142.11	47.37

Descriptive Statistics				
Dependent Variable:Ketebalan				
Plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
Gliserol	2 mL	46.4333	.51316	3
	3 mL	51.2900	.71042	3
	4 mL	52.7533	.49501	3
	Total	50.1589	2.90898	9
Sorbitol	2 mL	32.4500	.25357	3
	3 mL	35.3533	.48014	3
	4 mL	40.9067	.81027	3
	Total	36.2367	3.75311	9
Polietilen glikol	2 mL	33.4000	.60828	3
	3 mL	39.0433	.79349	3
	4 mL	47.3700	.87109	3
	Total	39.9378	6.12228	9
Total	2 mL	37.4278	6.77956	9
	3 mL	41.8956	7.24831	9
	4 mL	47.0100	5.17710	9
	Total	42.1111	7.38042	27

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:Ketebalan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1408.789 <sup>a</sup>	8	176.099	425.71	.000	.995
Intercept	47880.333	1	47880.333	1.158E+5	.000	1.000
Plasticizer	935.993	2	467.996	1.131E+3	.000	.992
Konsentrasi	413.813	2	206.906	500.19	.000	.982
Plasticizer * Konsentrasi	58.984	4	14.746	35.648	.000	.888
Error	7.446	18	.414			
Total	49296.568	27				
Corrected Total	1416.235	26				

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

**Ketebalan**

Duncan

Plasticizer	N	Subset		
		1	2	3
Sorbitol	9	36.2367		
Polietilen glikol	9		39.9378	
Gliserol	9			50.1589
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .414.



**Ketebalan**

Duncan				
Konsentrasi	N	Subset		
2 mL	9	1 37.4278	2	3
3 mL	9		41.8956	
4 mL	9			47.010
				0
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .414.

**Ketebalan**

Duncan								
Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Sorbitol - 2 ml	3	32.45						
Polietilen glikol - 2 ml	3	33.40						
Sorbitol - 3 ml	3		35.35					
Polietilen glikol - 3 ml	3			39.04				
Sorbitol - 4 ml	3				40.9067			
Gliserol - 2 ml	3					46.4333		
Polietilen glikol - 4 ml	3					47.3700		
Gliserol - 3 ml	3						51.2900	
Gliserol - 4 ml	3							52.7533
Sig.		.087	1.000	1.000	1.000	.091	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.





6.5 Kadar Air

Plasticizer	Perlakuan Volume	ulangan			total	Rata- rata
		1	2	3		
<b>Gli</b>	2	30.54	30.37	30.70	91.61	30.54
	3	31.39	32.15	32.75	96.29	32.10
	4	34.91	35.82	34.79	105.52	35.17
<b>Sor</b>	2	21.91	21.93	22.16	66.00	22.00
	3	26.75	26.86	25.28	78.89	26.30
	4	20.53	20.47	20.88	61.88	20.63
<b>Peg</b>	2	19.10	18.41	18.60	56.11	18.70
	3	20.17	19.40	19.85	59.42	19.81
	4	20.96	20.48	20.16	61.6	20.53

Descriptive Statistics

**Dependent Variable:KadarAir**

Plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
<b>Gliserol</b>	2 mL	30.5367	.16503	3
	3 mL	32.0967	.68157	3
	4 mL	35.1733	.56323	3
	Total	32.6022	2.09213	9
<b>Sorbitol</b>	2 mL	22.0000	.13892	3
	3 mL	26.2967	.88218	3
	4 mL	20.6267	.22143	3
	Total	22.9744	2.60263	9
<b>Poliethilen glikol</b>	2 mL	18.7033	.35642	3
	3 mL	19.8067	.38682	3
	4 mL	20.5333	.40266	3
	Total	19.6811	.86399	9
<b>Total</b>	2 mL	23.7467	5.29289	9
	3 mL	26.0667	5.35711	9
	4 mL	25.4444	7.30582	9
	Total	25.0859	5.90522	27

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:KadarAir

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	902.475 <sup>a</sup>	8	112.809	484.769	.000	.995
Intercept	16991.199	1	16991.199	7.302E4	.000	1.000
Plasticizer	811.486	2	405.743	1.744E3	.000	.995
Konsentrasi	25.956	2	12.978	55.770	.000	.861
Plasticizer * Konsentrasi	65.033	4	16.258	69.865	.000	.939
Error	4.189	18	.233			
Total	17897.863	27				
Corrected Total	906.663	26				

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .993)

**KadarAir**

Duncan

Plasticizer	N	Subset		
		1	2	3
Polietilen gliko	9	19.6811		
Sorbitol	9		22.9744	
Gliserol	9			32.6022
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .233.



**KadarAir**

Duncan				
Konsentrasi	N	Subset		
		1	2	3
2 mL	9	23.7467		
4 mL	9		25.4444	
3 mL	9			26.0667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .233.

**KadarAir**

Duncan								
Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Polietilen glikol - 2 ml	3	18.703						
Polietilen glikol - 3 ml	3		19.8067					
Polietilen glikol - 4 ml	3		20.5333					
Sorbitol - 4 ml	3		20.6267					
Sorbitol - 2 ml	3			22.0000				
Sorbitol - 3 ml	3				26.2967			
Gliserol - 2 ml	3					30.536		
Gilserol - 3 ml	3						32.096	
Gilserol - 4 ml	3							35.173
Sig.		1.000	.063	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.





### Lampiran 7. Pembuatan Kappa Karagenan



Penimbangan rumput laut *Eucheuma cottonii*



Pembuatan pasta rumput laut



Pemberian KOH



Diekstraksi selama 2 jam



Penambahan KCL pada 30 menit terakhir



Diekstraksi lagi



Diperas hingga pH turun



Dikeringkan hingga kering





Lampiran 8. Dokumentasi pembuatan iota karagenan



Penimbangan rumput laut *Eucheuma spinosum*



Penimbangan  $\text{Ca(OH)}_2$



$\text{Ca(OH)}_2$  dilarutkan dalam air



Rumput laut direndam dalam larutan  $\text{Ca(OH)}_2$



Dipanaskan pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam

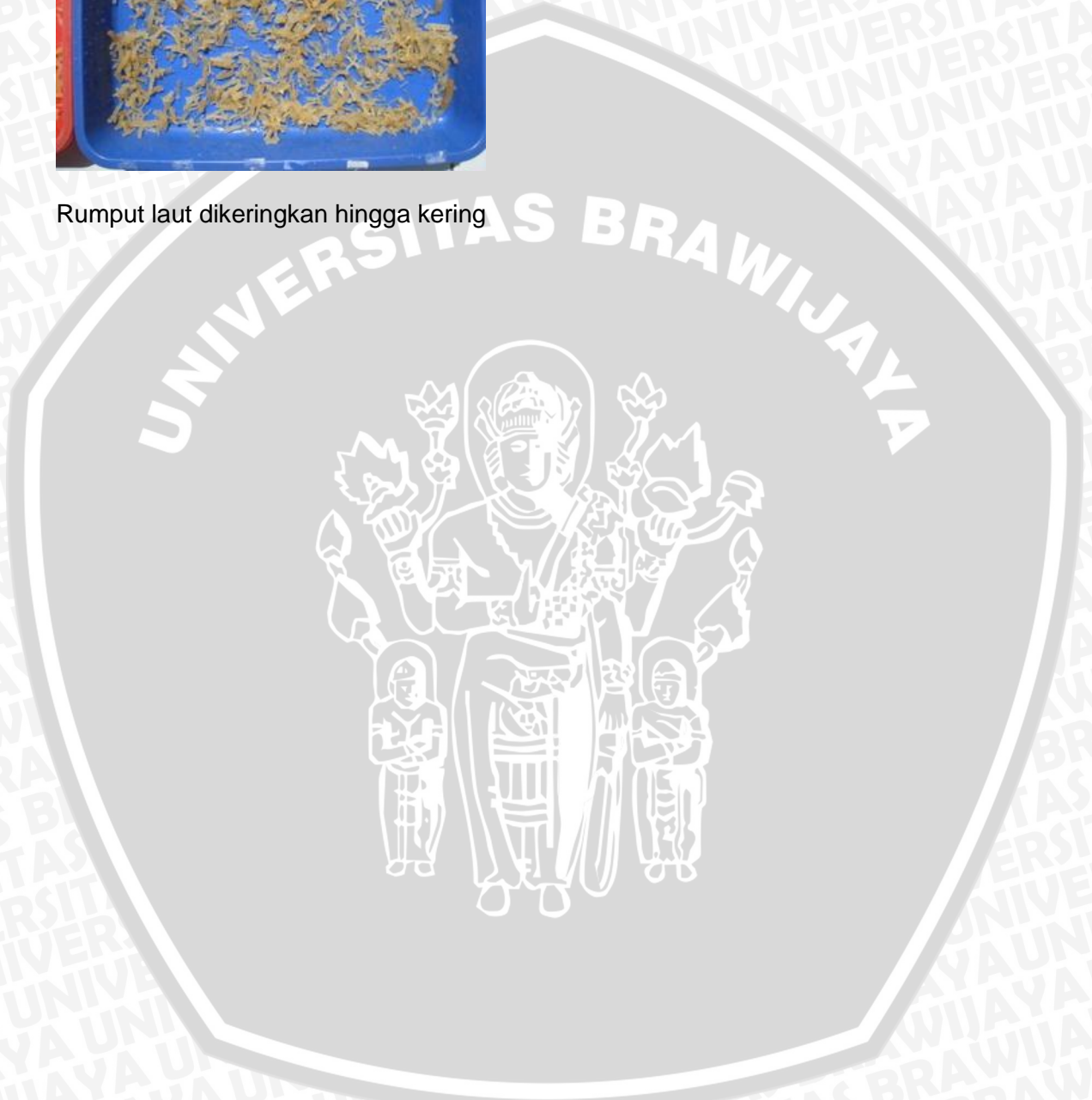


Pencucian rumput laut dengan air mengalir





Rumput laut dikeringkan hingga kering



Lampiran 9. Dokumentasi pembuatan edible film



Penimbangan karaginan



Pemberian 80 mL aquades



Pemanasan larutan



Penambahan plasticizer



Penyaringan larutan edible



Penuangan larutan dalam plat plastik



Lampiran 10. Dokumentasi uji karakteristik fisik



Pemotongan *edible film*



Alat untuk uji *tensile strength*



Pengujian *tensile strength* dan perpanjangan



Diukur hingga *edible film* putus



Alat untuk uji ketebalan



Pengukuran ketebalan *edible film*



Lampiran 11. Dokumentasi uji transmisi uap air



Penimbangan *beaker glass*



Pemotongan *edible film*



Penambahan aquades



Penimbangan *edible film* dan aquades



*beaker glass* dimasukkan eksikator



Diamati selama 24 jam

Lampiran 12. Dokumentasi uji kadar air



Penimbangan botol timbang



sampel *edible film* dipotong kecil-kecil



Dioven selama 3 jam



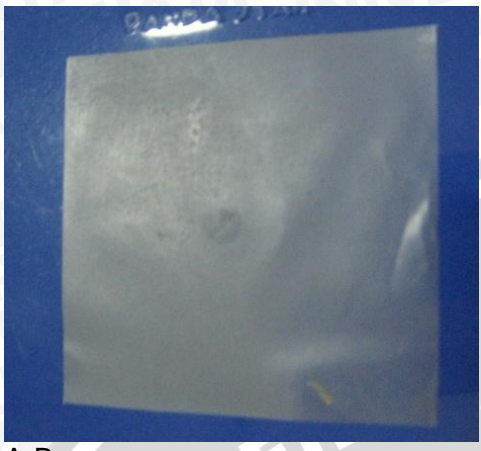
Dimasukkan desikator selama 15 menit



Penimbangan botol timbang dan sampel



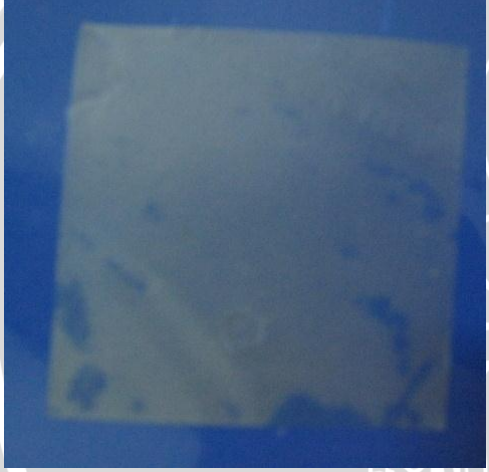
Lampiran 13. Dokumentasi hasil lembaran edible film



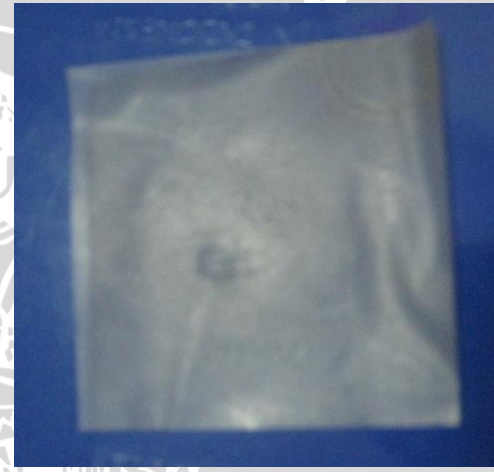
A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>



A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>



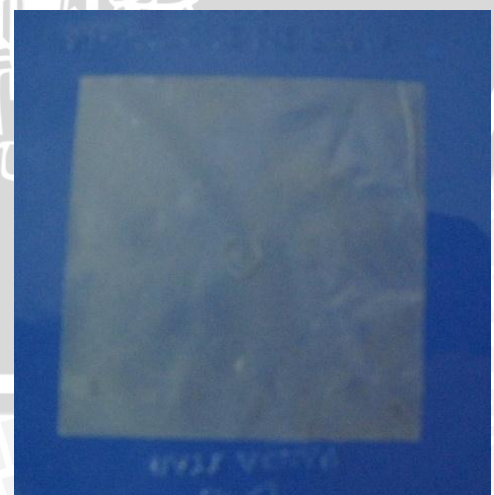
A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>



A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>



A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>



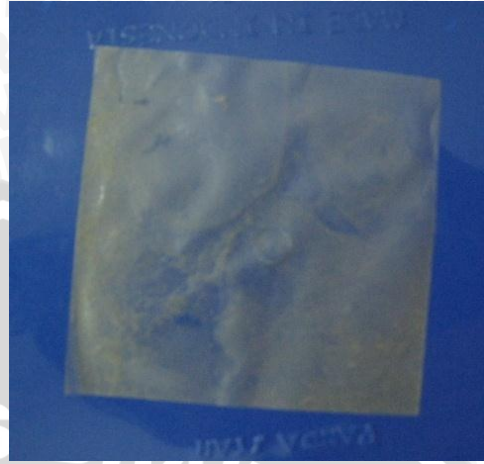
A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>







A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>



A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>



A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>

