

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Edible film* adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan, digunakan sebagai pelapis permukaan komponen makanan yang berfungsi untuk menghambat migrasi uap air, oksigen, karbondioksida, aroma dan lipid (Nugroho, 2014). *Edible film* ini bersifat *biodegradable* dan dapat dimakan sehingga dapat mengurangi penggunaan kemasan yang *non-degradable* (Wirawan *et al.* 2012). Keuntungan lain penggunaan *edible film* menurut Handito (2011) yaitu dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemasnya, dapat didaur ulang, dapat memperbaiki sifat-sifat organoleptik makanan yang dikemas, dapat berfungsi sebagai suplemen gizi dan agensia antimikrobia serta antioksidan,

Faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan *edible film* adalah jenis bahan pembentuk *edible film*, *plasticizer* dan perlakuan panas (Adikrisna, 2011). Bahan penyusun *edible film* mempengaruhi secara langsung bentuk morfologi maupun karakteristik *film* yang dihasilkan. Komponen utama penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kategori, yaitu hidrokoloid, komposit dan lipid (Martins *et al.* 2014). 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 kalorinya rendah (Yulianti dan Ginting 2012).

Karaginan merupakan bahan pembentuk *edible film* yang paling luas digunakan dan permintaan terhadapnya juga semakin meningkat. Karaginan adalah polisakarida sulfat yang diekstrak dari beberapa spesies rumput laut merah (*Rhodophyceae*). Berdasarkan kandungan sulfatnya, karaginan

diklasifikasikan menjadi kappa, iota dan lamda dengan jumlah sulfatnya berturut-turut 20%, 33% dan 42% (Herliany *et al.* 2013). Sumber karaginan untuk daerah tropis adalah dari spesies *Kappaphycus alvarezii* yang menghasilkan kappa karaginan, sedangkan *Echeumma spinosum* yang menghasilkan iota karaginan (Ulfah, 2009). Kappa maupun iota karaginan dapat dicampur dan dijadikan sebagai bahan pembuatan *edible film* karena bisa membentuk karakteristik fisik yang baik. Kappa yang memiliki sifat pembentuk gel yang kuat tetapi cenderung rapuh dan rentan sineresis, sedangkan iota karaginan memiliki sifat lemah dalam pembentukan gel tetapi lebih fleksibel dan tidak rentan sineresis. Dalam penelitian Irfani (2014), pembuatan *edible film* dengan bahan *mix* kappa-iota karaginan mempunyai kekurangan yaitu mempunyai sifat yang kurang elastis. Sehingga perlu dikombinasikan dengan polisakarida lain untuk menutupi kekurangan tersebut. Salah satu bahan yang dapat ditambahkan dalam pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa-iota karaginan adalah tepung buah api-api (*Avicennia marina*).

Tepung buah api-api (*Avicennia marina*) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *edible film* yang dicampurkan dengan kappa-iota karaginan karena mengandung karbohidrat yang tinggi dan belum dimanfaatkan secara optimal. Komponen penyusun karbohidrat adalah pati. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik (Setiani *et al.* 2013). Kadar karbohidrat dan pati tepung buah api-api (*Avicennia marina*) adalah 80,76% dan 38% (Febriyandini, 2012). Hal ini dapat terlihat bahwa kandungan karbohidrat tepung buah api-api lebih tinggi dibandingkan dari kandungan karbohidrat dari beras yaitu 78,9% dan jagung sebesar 63,3% (Jacob *et al.* 2014). Penambahan

tepung buah api-api yang *dimix* dengan kappa-iota karaginan diharapkan dapat menghasilkan karakteristik fisik *edible film* yang lebih baik dengan sifat yang tidak rapuh dan elastis.

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan (*thickness*), pemanjangan (*elongas*) dan kekuatan renggang putus (*tensile strength*) (Yulianti dan Ginting, 2012). Menurut Widyaningsih *et al.* (2012), pengujian kimia yaitu laju transmisi uap air dan uji kadar air.

Penelitian tentang pembuatan *biofilm* berbahan dasar karaginan dan pati belum banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Handito (2011) menunjukkan bahwa pembuatan *edible film* dengan konsentrasi 0,8 % karaginan dan penambahan gliserol 0,5 % menghasilkan karakteristik fisik dan mekanik yang paling baik. Dalam penelitian Jaya dan Sulistyawati (2010) menunjukkan bahwa konsentrasi 10% tepung jagung, sorbitol 1% dan gliserol 1% menghasilkan karakteristik fisik yang terbaik. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Jacob *et al.* (2014), menunjukkan bahwa pemberian 4% pati buah lindur, 1,5 % gliserol dan 2,5 % karaginan menghasilkan karakteristik fisik *edible film* yang paling baik. Wirawan *et al.* (2012), menyatakan bahwa *plasticizer* jenis gliserol merupakan *plasticizer* yang paling baik dibandingkan jenis sorbitol. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pencampuran kappa iota karaginan dan tepung buah api untuk menghasilkan karakteristik *edible film* yang lebih baik. Menurut Wittaya (2013), *edible film* yang tidak ditambahkan *plasticizer* cenderung memiliki sifat relatif rapuh. Kerapuhan dari *edible film* ditentukan oleh kekuatan interaksi polimer-polimer yang dikontrol oleh sifat kimia polimer dan penambahan *plasticizer*.

*Plasticizer* merupakan bahan yang ditambahkan kedalam suatu bahan pembentuk *film* untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga *film* akan lentur ketika dibengkokkan (Aydinli *et al.* 2004). Gliserol dan sorbitol merupakan jenis *plasticizer* yang *food grade* yang memiliki viskositas rendah dan jika ditambahkan akan meningkatkan sifat fleksibilitas (Tamaela dan Lewerissa, 2008). Tujuan dari pencampuran kappa iota karaginan dan tepung buah api-api adalah untuk menyempurnakan sifat *edible film* yang dihasilkan. Pada penelitian pendahuluan diperoleh hasil bahwa *edible film* dengan konsentrasi *plasticizer* sorbitol 1% (1 mL) menghasilkan *edible film* dengan karakteristik fisik yang kaku dan rapuh. Selain itu untuk nilai *tensile strength* sangat rendah dan transmisi uap air tinggi. Sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi *plasticizer* dibawah 1% dan diatas 1 % yaitu 0,5%, 1%,1,5% dan 4%. Penelitian yang berjudul "Pengaruh Perbedaan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan *Mix* Kappa Iota Karaginan dan Tepung Buah Api-api (*Avicennia marina*)" perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis *plasticizer* (sorbitol, gliserol) dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat terhadap karakteristik fisik *edible film* yang berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah jenis *plasticizer* gliserol dan sorbitol berpengaruh terhadap karakteristik *edible film* yang baik dan berapa konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik fisik *edible film* terbaik.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis (sorbitol dan gliserol) dan konsentrasi (0,5%, 1%, 1,5% dan 2%) *plasticizer* yang berbeda terhadap karakteristik *edible film* berbahan *mix* kappa-iota karaginan dan tepung buah api-api.
- b. untuk mengetahui konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik fisik *edible film* yang baik.

### 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah :

$H_0$  : Diduga perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* dalam pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api tidak memiliki pengaruh terhadap karakteristik fisik *edible film*.

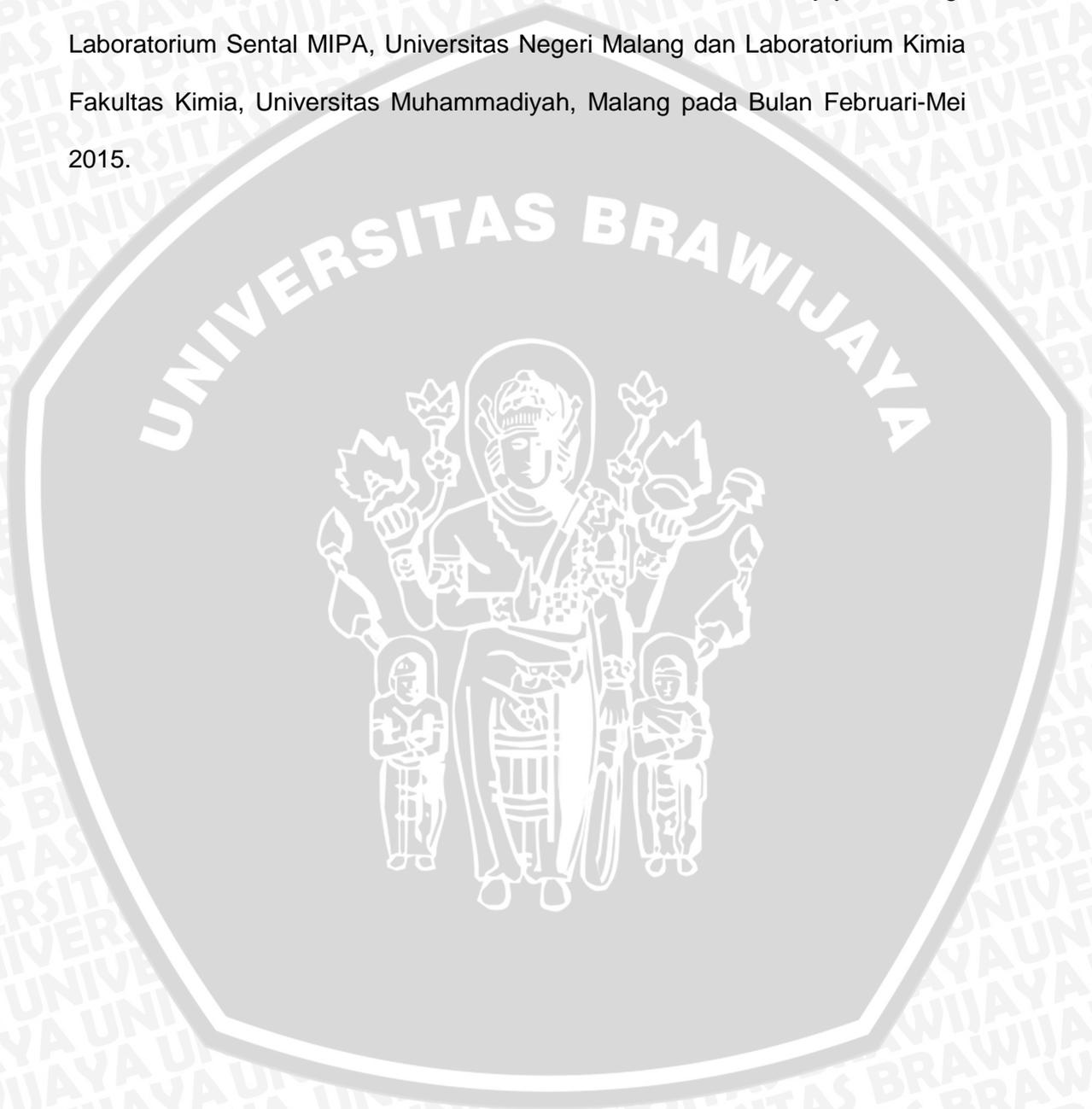
$H_1$  : Diduga perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* dalam pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api memiliki pengaruh terhadap karakteristik fisik *edible film*.

### 1.5 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang penggunaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat dalam pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa-iota karaginan dan pati buah api-api terhadap karakteristik *edible film*.

### 1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perekayaan Hasil Perikanan, Laboratorium Nutrisi Ikan, Laboratorium Keamanan Hasil Perikanan, Laboratorium Fisika Material Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Sental MIPA, Universitas Negeri Malang dan Laboratorium Kimia Fakultas Kimia, Universitas Muhammadiyah, Malang pada Bulan Februari-Mei 2015.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut

#### 2.1.1 *Eucheuma cottonii*

*Eucheuma cottonii* merupakan salah satu jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*) penghasil karaginan. Jenis karaginan yang dihasilkan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah *kappa* karaginan, 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*

Adapun klasifikasi *Eucheuma cottonii* menurut Murdinah (2011) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieriaceae
Genus	: <i>Kappaphycus</i>
Spesies	: <i>Kappaphycus alvarezii</i>

Ciri fisik *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai thallus silindris, permukaan licin, *cartilaginous* (menyerupai tulang rawan/muda). Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah. Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan. Percabangan thallus berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi *nodulus* (tonjolan-tonjolan), dan duri lunak/tumpul yang melindungi *gametangia*. Percabangan bersifat alternatus (berseling), tidak teratur, serta dapat bersifat *dichotomus* (percabangan dua-dua) atau *trichotomus* (sistem percabangan tiga-tiga) (Prasetyowati, 2008). Komposisi kimia rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Tabel 1.

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

Komponen	Jumlah
Protein (%)	0,7
Lemak (%)	0,2
Abu (%)	3,4
Serat pangan tidak larut (g/100 g)*	58,6
Serat pangan larut (g/100 g)*	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 : Santoso *et al.* (2003).

Keterangan \* = basis kering

### 2.1.2 *Eucheuma spinosum*

*Eucheuma spinosum* merupakan rumput laut merah yang telah dibudidayakan di Indonesia. Rumput laut ini biasanya ditemukan tumbuh pada kedalaman yang berkisar antara 10–50 m. *Eucheuma spinosum* adalah rumput laut merah penghasil iota karaginan. Fungsi utamanya adalah sebagai bahan pemantap, bahan pengemulsi, bahan pengental, bahan pengisi dan bahan

pembuat gel (Farnani *et al.* 2013). Gambar *Eucheuma spinosum* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. *Eucheuma spinosum***

Adapun klasifikasi *Eucheuma spinosum* menurut Murdinah (2011) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieriaceae
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Spesies	: <i>Eucheuma spinosum</i>

*Eucheuma spinosum* tergolong dalam kelas alga merah (*Rhodophyceae*) berbentuk thallus silindris, permukaan licin, warna coklat tua hijau-coklat, hijau kuning atau merah-ungu. Ciri khusus secara morfologis, jenis ini memiliki duri-duri yang tumbuh berderet melingkar. *Eucheuma spinosum* mengandung karaginan yang merupakan polisakarida suatu senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium dan magnesium atau kalsium sulfat dengan galaktosa dan kopolimer 3,6 anhidrogallaktosa. Pemanfaatan karaginan antara lain untuk industri makanan dan obat-obatan. yaitu sebagai stabilisator, bahan pengental dan pengemulsi (Diharmi *et al.* 2011). Komposisi kimia *Eucheuma spinosum* dapat dilihat pada Tabel 2.

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

Komponen	Jumlah
Protein kasar (%)	5,12
Karbohidrat (%)	13,38
Abu (%)	14,21
Besi (ppm)	0,108
Vitamin B1 (mg/100 g)	0,21
Vitamin C (mg/100 g)	43,00
Air (%)	12,90
Lemak (%)	0,13
Serat kasar (%)	1,39
Kalsium (ppm)	52,85
Tembaga (ppm)	0,768
Vitamin B2 (mg/100 g)	2,26
Karaginan (%)	65,75

Sumber: Ulfah (2009).

## 2.2 Karaginan

Karaginan merupakan kelompok polisakarida galaktosa yang diekstraksi dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*). Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri dari ester natrium, magnesium, dan kalsium yang dapat terikat pada gugus ester sulfat dari galaktosa dan kopolimer 3,6-anhydrogalaktosa. Karaginan kompleks bersifat larut dalam air, berantai linier dan sulfat galaktan. Senyawa ini terdiri atas sejumlah unit D-galaktosa dan 3,6-anhidro-D-galaktosa yang berikatan dengan gugus sulfat atau tidak dengan ikatan  $\alpha$  1,3-D-galaktosa dan  $\beta$  1,4-3,6-anhidrogalaktosa (Diharmi *et al.* 2011). Pada atom hidroksil, terikat gugus sulfat dengan ikatan ester. Berat molekul karaginan cukup tinggi yaitu berkisar 100-500 kDa (Pebrianata, 2005).

Struktur karaginan dibagi menjadi 3 fraksi berdasarkan unit penyusunnya yaitu kappa karaginan, iota karaginan dan lambda karaginan. Kappa karaginan terdapat pada *Kappaphycus alvarezii* yang larut dalam air panas, sedangkan iota karaginan berasal dari jenis *Eucheuma spinosum* bersifat larut dalam air dingin, sedangkan lambda karaginan berasal dari spesies *Gigartina* dan *Condrus*

(Distantina, 2010). Perbedaan unit-unit monomer karaginan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Perbedaan unit monomer karaginan**

Tipe karaginan	Unit-unit monomer
<b>Kappa Iota</b>	D-galaktosa 4-sulfat 3,6-anhidro-D-galaktosa D-galaktosa 4-sulfat 3,6-anhidro-D-galaktosa 2-sulfat
<b>Lambda</b>	D-galaktosa 2-sulfat D-galaktosa 2,6-disulfat

Sumber : (Prasetyowati, 2008).

Karaginan memiliki kemampuan untuk membentuk gel secara *thermo-reversible* atau larutan kental jika ditambahkan ke dalam larutan garam sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pembentuk gel, pengental, dan bahan penstabil di berbagai industri seperti pangan, farmasi, kosmetik, percetakan, dan tekstil (Campo *et al.* 2009). Pembentukan gel pada karaginan merupakan pengendapan yang melibatkan ikatan ionik antara kation logam tertentu dengan muatan negatif dari gugus ester sulfat. Apabila jumlah grup ester sulfat lebih banyak, maka sulfat tersebut akan berikatan dengan air. Oleh karena itu, jika kandungan sulfat pada karaginan tinggi, maka kerangka tiga dimensi yang terbentuk banyak menyerap air. Gel karaginan yang demikian ini apabila diberi tekanan akan sulit untuk mempertahankan bentuknya sehingga nilai kekuatan gelnnya rendah (Wenno, 2012). Kappa karaginan menghasilkan sifat gel terkuat, warnanya agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak. Gel yang terbentuk dari jenis iota karaginan berwarna lebih jernih dibandingkan kappa dan mempunyai tekstur empuk dan elastis, sedangkan lambda karaginan tidak membentuk gel dalam air, tetapi lambda karaginan berinteraksi baik dengan protein sehingga jenis ini cocok untuk produk makanan (Distantina *et al.* 2009).

Sifat-sifat karaginan meliputi kelarutan, viskositas, pembentukan gel dan stabilitas pH. Kelarutan karaginan dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tipe karaginan, temperatur, pH, kehadiran jenis ion tandingan dan zat-zat terlarut lainnya. Karaginan dalam larutan memiliki stabilitas maksimum pada pH 9 dan akan terhidrolisis pada pH dibawah 3,5. Pada pH 6 atau lebih umumnya larutan karaginan dapat mempertahankan kondisi proses produksi karaginan. Hidrolisis asam akan terjadi jika karaginan berada dalam bentuk larutan, hidrolisis akan meningkat sesuai dengan peningkatan suhu. Larutan karaginan akan menurun viskositasnya jika pHnya diturunkan dibawah 4,3. Kappa dan iota karaginan dapat digunakan sebagai pembentuk gel pada pH rendah, tetapi tidak mudah terhidrolisis sehingga tidak dapat digunakan dalam pengolahan pangan. Penurunan pH menyebabkan terjadinya hidrolisis dari ikatan glikosidik yang mengakibatkan kehilangan viskositas. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, jenis karaginan, berat molekul dan adanya molekulmolekul lain. Jika konsentrasi karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat (Prasetyowati, 2008). Perbedaan sifat dari kappa, iota dan lambda karaginan secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat-sifat karaginan

Tipe Karaginan	Sifat Umum
<b>Kappa</b>	Membentuk gel yang kuat dan kaku dengan adanya garam potassium Gel rapuh disebabkan oleh adanya garam kalsium Rentan Sineresis
<b>Iota</b>	Menyatu dengan <i>locust bean gum</i> Membentuk gel yang kuat dengan adanya garam kalsium Tekstur lebih elastis Tidak rentan sineresis
<b>Lambda</b>	Tidak membentuk gel dengan adanya ion potassium Viskositas tinggi Larut dalam larutan garam pekat

Sumber : (Carmona, 2013).

Karaginan yang diproduksi dari hasil ekstrak rumput laut jenis *Euचेuma* memiliki standart mutu agar dapat diterima di pasar internasional. Standard mutu karaginan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Standart Mutu Karaginan

Parameter	Karaginan Komersial	FAO	FCC	EEC
Kadar Air (%)	14,34±0,25	Maks. 12	Maks. 12	Maks. 12
Kadar Protein (%)	2,80	-	-	-
Kadar Lemak (%)	1,78	-	-	-
Kadar Abu (%)	18,60±0,22	15-40	18-40	15-40
Serat Kasar (%)	Maks 7,02	-	-	-
Karbohidrat (%)	Maks 68,48	-	-	-

Sumber : (Yasita, 2010).

Keterangan :

FAO : *Food Agriculture Organization*

FCC : *Food Chemical Codex*

EEC : *European Economic Community*

### 2.2.1 Kappa Karaginan

Kappa karaginan merupakan jenis karaginan yang dapat membentuk gel yang kuat dan banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Sumber yang baik dari kappa karaginan adalah dari spesies *Euचेuma cottonii*, yang terutama dipanen di Filipina dan Indonesia (Distantina *et al.* 2011). Kappa karaginan adalah polisakarida linear sulfat galaktan yang diekstrak dari rumput laut merah

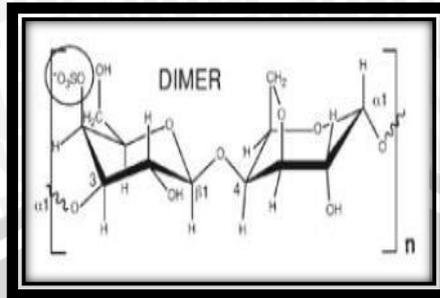
(*Rhodopyta*), seperti *Kappaphycus alvarezii* (*Eucheuma cottonii*) yang juga dibudidayakan di Indonesia. Polimer alam ini terdiri dari unit D-galaktosa-4-sulfat dengan ikatan  $\beta$ -1,3 dan unit 3,6 anhidro-D-galaktosa dengan ikatan  $\alpha$ -1,4. Adanya gugus hidroksil dan kelompok sulfat dalam struktur karaginan menyebabkan karaginan cenderung bersifat hidrofilik. Kappa karaginan memiliki kemampuan untuk membentuk gel *thermoreversible*. Hal ini disebabkan karena kemampuan gel yang tergolong kuat. Karaginan banyak digunakan sebagai bahan penstabil dan pengental dalam industri pangan dan *non*-pangan serta berpotensi sebagai bahan baku yang bersifat *hydrogel*, artinya karaginan yang mengandung gel dan mudah larut dalam air. Beberapa aplikasi gel perlu sifat *hydrogel* yang dapat menyerap dan menyimpan air tanpa pembubaran. Untuk meningkatkan stabilitas gel dalam air, struktur kappa karaginan harus diubah untuk menghasilkan struktur *hydrogel* (Distantina *et al.* 2009).



**Gambar 3. Kappa Karaginan**

Kappa karaginan merupakan pembentuk gel terbaik dibandingkan iota dan lambda karaginan (Sidi *et al.* 2014). Menurut Larotonda (2007), Kappa karaginan hanya memiliki satu muatan negative dengan kecenderungan untuk membentuk gel yang kuat dan kaku. Kappa karaginan mempunyai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan *film* dari lambda karaginan dan iota karaginan. Menurut Fonkwe *et al.* (2005), kappa karaginan dikenal untuk membentuk gel yang kuat di hadapan kation kalium. Namun, kappa karaginan cenderung

membentuk gel yang rapuh dan sineresis. Struktur karaginan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Struktur Kappa Karaginan**  
**Sumber : Marhamah, 2012**

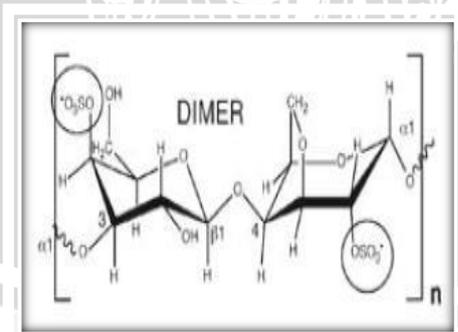
Kappa karaginan akan membentuk gel *reversible* yang prosesnya dipengaruhi oleh pemanasan dan pendinginan larutan. Kappa karaginan dengan adanya kation  $K^+$  cenderung membentuk gel yang kuat. Secara garis besar proses pembentukan gel terjadi karena adanya ikatan antar rantai polimer sehingga membentuk struktur tiga dimensi yang mengandung pelarut pada celah-celahnya. Pembentukan kerangka tiga dimensi oleh *double helicks* ini akan mempengaruhi pembentukan gel. Kerangka tiga dimensi dapat mengembang karena menyerap air secara osmosis sehingga berubah menjadi zat padat karena dapat mempertahankan bentuknya dan memiliki respon yang elastis bila diberi tekanan. Variasi penambahan bahan pengikat atau pengaturan reaksi kimia pada saat ekstraksi kappa karaginan akan berpengaruh terhadap struktur tiga dimensi kappa karaginan. Garam KCl merupakan garam yang tidak beracun dan banyak digunakan untuk membantu proses pembentukan gel karaginan. Penambahan garam KCl sampai batas tertentu akan dapat meningkatkan kekuatan gel kappa karaginan, namun demikian pemakaiannya harus dibatasi karena akan menimbulkan rasa pahit pada produk yang dihasilkan (Basmal *et al.* 2003).

### 2.3.2 Iota Karaginan

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



Gambar 5. Serbuk Iota Karaginan



Gambar 6. Struktur Iota Karaginan  
Sumber : Marhamah, 2012

Iota karaginan mempunyai sifat larut dalam air dingin dan larutan garam natrium. Didalam larutan lain seperti  $K^+$  dan  $Ca^+$  tidak dapat larut dan hanya menunjukkan pengembangan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis dan konsentrasi kation, densitas karaginan, suhu, pH, adanya ion penghambat dan yang lainnya. Larutan iota karaginan stabil pada lingkungan elektrolit kuat seperti NaCl 20-25% (Pebrianata, 2005).

Iota karaginan dapat bercampur dengan pelarut polar seperti alkohol, propilen glikol dan gliserin, tetapi tidak dapat bercampur dengan pelarut organik (non polar). Larutan iota karaginan bersifat reversible artinya bila larutan dipanaskan kembali, maka gel akan kembali mencair. Viskositas larutan karaginan bergantung pada konsentrasi dan akan mengalami penurunan dengan adanya peningkatan suhu. Viskositas larutan iota karaginan tidak dipengaruhi oleh kation monovalen, sedangkan kation divalen cenderung menurunkan viskositas pada konsentrasi tinggi dan meningkatkan viskositas pada konsentrasi rendah (Pebrianata, 2005).

### 2.3 Buah Mangrove *Avicennia marina*

Spesies *Avicennia marina* yang sering disebut Api-api merupakan tumbuhan mangrove pada substrat berpasir atau berlumpur tipis dengan salinitas relatif tinggi (salinitas laut) pada kisaran yang sempit. Pohonnya dapat mencapai tinggi 12 m. Daun *Avicennia marina* dilihat dari sisi sebelah atas berwarna hijau muda, sedangkan pada sisi sebelah bawah berwarna abu-abu keperakan atau putih. Daunnya berbentuk elips, panjang daunnya berkisar 5-11 cm. Buah berbentuk bulat dan agak berbulu dengan panjang 1,5-2,5 cm dan berwarna hijau. Kulit batang halus, berwarna putih keabu-abuan hingga hijau dan akar berbentuk cakar ayam berpneumatofora untuk pernafasan (Oktavionus, 2013).

Gambar *Avicennia marina* dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 7. Buah *Avicennia marina***

Adapun klasifikasi *Avicennia marina* menurut Oktavionus (2013) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Sub Class	: Asteridae
Order	: Lamiales
Family	: Acanthaceae
Genus	: <i>Avicennia</i>
Species	: <i>Avicennia marina</i>

*Avicennia marina* adalah salah satu jenis mangrove yang masuk ke dalam kategori mangrove mayor. Status tersebut menyebabkan *A. marina* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. *Avicennia marina* juga di kenal dengan nama api-api. Api-api juga memiliki nama daerah seperti kayu kendeka, kayu ting (Manado), kibalanak (Sunda), api-api brayu, api-api kacang, bogem (Jatim), peape (Madura). Di Indonesia, api-api memiliki sejumlah nama, di antaranya mangi-mangi, sia-sia, boak, koak, merana pejapi, papi, atau nyapi. Pohon api-api memiliki beberapa ciri, antara lain memiliki akar napas yakni akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Reproduksi bersifat kriptovivipar, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm,

lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram. Bentuknya semak atau pohon dengan tinggi 12 m dan kadang-kadang mencapai 20 m, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai. Bentuk buah seperti kacang, tumbuh pada tanah berlumpur, daerah tepi sungai, daerah kering serta toleran terhadap salinitas yang sangat tinggi (Halidah, 2014). Komposisi gizi buah mangrove dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Komposisi gizi buah mangrove api-api**

Komposisi Kimia	Kandungan
Kadar air (%)	73,756
Kadar Karbohidrat (%)	23,528
Kadar Lemak (%)	1,246
Kadar Protein (%)	1,128
Kadar Abu (%)	0,342
HCN (mg)	6,8559
Tannin (mg)	34,105

Sumber : Ilminingtyas dan Dian (2009).

#### 2.4 Tepung Buah Mangrove *Avicennia marina*

Tepung adalah partikel padat yang berbentuk butiran halus atau sangat halus tergantung pemakaiannya. Terdapat beberapa alasan dibuatnya produk olahan tepung adalah agar masa simpannya jauh lebih lama karena kandungan kadar air yang ada semakin rendah, aplikasinya mudah untuk berbagai produk olahan pangan, biaya transportasi semakin murah serta tepung ini aman dikonsumsi karena telah mengalami proses penghilangan kadar Pb dengan melakukan perendaman. Tepung juga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan makanan atau sebagai bahan tambahan makanan (Primasti, 2010).

Dalam bentuk alami, pemanfaatan mangrove olahan menjadi sangat terbatas umur simpannya karena mangrove cepat busuk seperti buah-buahan hasil pertanian yang lainnya. Penepungan merupakan salah satu solusi untuk mengawetkan mangrove karena dengan penepungan dapat memutus rantai metabolisme sehingga menjadi lebih awet karena lebih fleksibel diaplikasikan pada berbagai jenis olahan pangan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Ilminingtyas dan Dian, 2009).

Tanaman mangrove mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi sumber pangan yang potensial. Pemanfaatan mangrove untuk bahan pangan sudah banyak dilakukan di beberapa daerah di Indonesia. *A.marina* berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan pangan substitusi atau pengganti sebagian beras dan gandum mengingat mangrove *A.marina* keberadaannya cukup melimpah di Indonesia. Tepung buah mangrove *A.marina* juga bisa dijadikan sebagai bahan untuk membuat berbagai jenis makanan (Permadi, 2012). Tepung mangrove api-api pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Tepung Mangrove**

Buah Api-api yang dijadikan sebagai bahan makanan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan di dalam buah jenis ini mempunyai kandungan toksik yang cukup berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia. Selain itu pengolahan ini dimaksudkan untuk menghilangkan kadar garam yang terkandung dalam buah. Namun apabila diolah dengan baik maka

buah ini aman untuk dikonsumsi (Santoso *et al.* 2005). Pembuatan tepung mangrove menggunakan buah mangrove yang segar. Buah mangrove *A.marina* yang digunakan berukuran panjang 1,7 – 2,4 cm, lebar 1,2 – 1,8 cm, dan berat 1,4 – 3,2 g. Sebelumnya sampel buah mangrove *A.marina* dikupas kulitnya dan dibersihkan dari kelopak bunga yang terdapat didalamnya langsung dikeringkan dengan sinar matahari selama  $\pm 2$  hari. Buah yang sudah kering selanjutnya dilakukan proses penepungan dengan cara dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 80 *mesh* (Permadi *et.al.*, 2012).

Buah *Avicennia* sp. memiliki kandungan alkaloid, saponin, dan glikosida, dalam semua jaringan tumbuhan tersebut. Hasil analisis juga menunjukkan adanya kandungan vitamin, lemak, kalori, asam amino, protein, serat, karbohidrat, dan mineral (Fe, Mg, Ca, K, Na) dalam jumlah yang cukup tinggi pada daun dan buah (Wibowo *et al.* 2009). Adapun komposisi kimia dari tepung mangrove *Avicennia marina* dapat dilihat pada Tabel 7. dan standart mutu tepung dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 7. Komposisi Kimia Tepung api-api**

Parameter	Satuan	Nilai
Protein	% b.b	7,50
Kadar lemak	% b.b	0,60
Kadar air	% b.b	6,43
Serat kasar	% b.b	15,84
Karbohidrat	% b.b	69,63
K . abu	% b.b	19,10
Besi	mg/kg	47,35
Magnesium	mg/kg	2164,68
Kalsium	mg/kg	8945,34
Kalium	mg/kg	2,79
Natrium	mg/kg	277,75
Kalori	mg/kg	-

Sumber: (Cahyo *et al.* 2009).

Tabel 8. Standart Mutu Tepung

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan	-	
	Bentuk	-	Serbuk
	Bau	-	Normal (bebas dari bau asing)
	Warna	-	Normal
	Rasa	-	Tidak ada
2	Benda asing	-	Tidak ada
3	Serangga dalam bentuk stadia maupun potongan-potongannya yang tampak	-	
4	Jenis pati lain selain pati sagu	-	Tidak ada
5	Kehalusan, lolos ayakan 100 mesh (b/b)	%	Min 95%
6	Kadar air (b/b)	%	Maks 13
7	Kadar Abu (b/b)	%	Maks 0.5
8	Kadar Pati	%	Min 65
9	Kadar Serat Kasar (b/b)	%	Maks 0.5
10	Derajat Keasaman	M NaOH 1 N/100 g	Maks 4.0
11	Residu O <sub>2</sub>	Detik	Min 300
12	Cemaran Logam		
	Timbal (pb)	Mg/kg	Maks 1.00
	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks 10
	Raksa (Hg)	Mg/kg	Maks 0.05
13	Cemaran Arsen		Maks 0.50
14	Cemaran Mikroba		
	Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maks 106
	E.coli	APM/g	Maks 10
	Kapang	Koloni/g	Maks 104

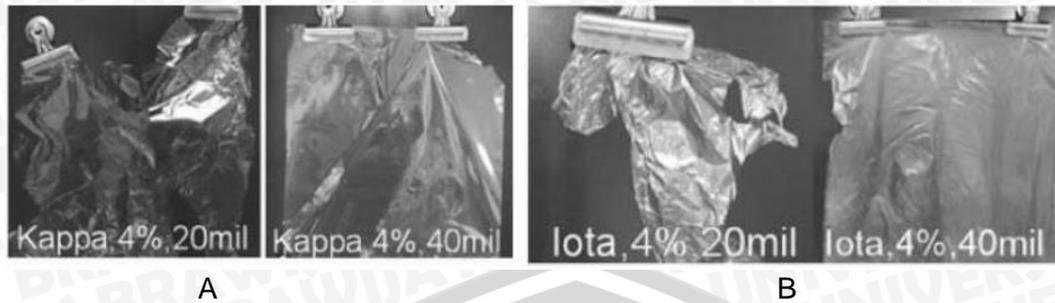
Sumber : (SNI, 2008).

## 2.5 Edible Film

*Edible film* adalah suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi makanan (*coating*) atau diletakkan diantara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap perpindahan massa (misalnya kelembaban, oksigen, cahaya, lipid, zat terlarut) dan sebagai pembawa bahan tambahan makanan seperti zat anti mikrobia dan antioksidan serta memperbaiki integritas mekanis atau penanganan karakteristik pangan (Handito, 2011). Menurut Choi dan Han (2002), kelebihan *edible film* adalah dapat dikonsumsi bersama bahan pangan yang dikemas atau dilapisinya.

Komponen penyusun *edible film* mempengaruhi secara langsung bentuk morfologi maupun karakteristik pengemas yang dihasilkan. Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (Harris, 2010). Menurut Adikrisna (2011), *edible film* yang dibuat dari hidrokoloid mempunyai kelebihan diantaranya untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta meningkatkan kekuatan fisik. Kelemahan *film* dari karbohidrat adalah tingkat ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya, sedangkan *film* dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH. *Edible film* dari lipid mempunyai kelebihan yaitu baik digunakan untuk melindungi penguapan air atau sebagai bahan pelapis untuk mengoles produk konfeksioneri, sedangkan kekurangannya yaitu kegunaan dalam bentuk murni sebagai *film* terbatas karena kekurangan integritas dan ketahanannya. *Edible film* dari komposit (gabungan hidrokoloid dan lipid) dapat meningkatkan kelebihan dari *film* hidrokoloid dan lipid serta mengurangi kelemahannya.

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 kalorinya rendah. Di antara jenis polisakarida yang sering digunakan adalah karaginan dan pati yang merupakan bahan baku yang potensial untuk pembuatan *edible film* dengan karakteristik fisik yang mirip dengan plastik (Yulianti dan Ginting, 2012). Gambar *edible film* dari kappa dan iota karaginan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) *edible film* dengan bahan kappa karaginan; (b) *edible film* dengan bahan iota karaginan  
 Sumber : Embuscado dan Huber, 2009

Mekanisme utama pembentukan *film* pada polisakarida adalah pemutusan segmen polimer dan pembentukan kembali rantai polimer ke dalam matriks lapisan atau gel yang biasanya dicapai dengan penguapan pelarut sehingga menciptakan ikatan hidrogen yang hidrofilik maupun ikatan silang elektrolit dan ionik (Nurhayati dan Agusman, 2011). Adapun standar *edible film* komersil dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Standart *edible film* komersial

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 : (SNI, 2004).

**Tabel 10. Standart Edible Film**

Jenis Standar <i>Edible Film</i>	Standar
Waktu pengeringan di oven pada suhu 40 – 45°C	40 – 72 jam
Kadar air	dibawah 20%
Ketebalan	0,1 – 0,20 cm
Waktu hancur	0,5 – 0,8 menit
Perpanjangan	1 – 1,08 cm

Sumber : (Arifin *et al.* 2009).

## 2.6 *Plasticizer*

*Plasticizer* adalah salah satu komponen bahan dasar pembuatan *edible film* yang berfungsi untuk mengatasi sifat rapuh lapisan *film*. Ada beberapa jenis *plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* yaitu: a) mono, di-, dan oligosakarida; b) poliol (seperti gliserol dan turunannya, *polyetilen* glikol, sorbitol); dan c) lipid dan turunannya (asam lemak, monogliserida dan esternya, asetogliserida, pospholipida dan *emulsifier* lain). *Edible film* membutuhkan *plasticizer* dengan berat molekul rendah untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanannya, dengan cara menginterupsi interaksi rantai polimer dan menurunkan suhu *transition glass* (Adikrisna, 2011).

*Plasticizer* adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas polimer. *Plasticizer* sering ditambahkan pada pembuatan *edible film*. Fungsi penambahan *plasticizer* pada pembuatan *edible film* adalah untuk mengurangi sifat rapuh *film* dan meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan elastisitas *film*. *Plasticizer* mempengaruhi sifat fisik mekanik dan permeabilitas *film*. *Plasticizer* mengurangi intermolekuler dan ektramolekuler dalam polimer *film* dan menurunkan kerapuhan. *Plasticizer* yang digunakan harus kompatibel dengan polimer pembentuk *film* dan merupakan komponen yang hidrofilik seperti gliserol

dan sorbitol. Gliserol dan sorbitol mempunyai viskositas yang rendah yang bila ditambahkan akan memberikan sifat fleksibilitas (Tamaela dan Lewerissa, 2007).

*Plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus. Penambahan *plasticizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan film dengan kuat tarik yang lebih rendah. Penambahan *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film polimer dengan cara mengganggu ikatan hydrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang (Widyaningsih *et al.* 2012). Liu dan Han (2005) menambahkan bahwa 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. Sifat jenis *plasticizer* dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11. Sifat jenis *plasticizer***

Plasticizer	Berat Molekul (g/mol)	Jumlah Atom Oksigen	Bentuk
Gliserol	92	3	$C_3H_8O_3$ , rantai lurus
Sorbitol	182	6	$C_6H_{14}O_6$ , rantai lurus
Polietilen glikol	400	9	$H(OCH_2CH_2)_nOH$ (n-8,2-9,1), rantai lurus

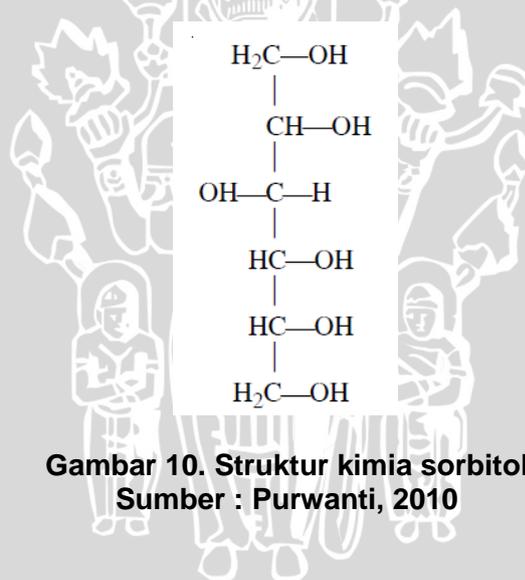
**Sumber : (Antoniu *et al.* 2014).**

### 2.6.1 Sorbitol

Sorbitol merupakan *plasticizer* dari golongan poliol yang efektif karena memiliki kelebihan mampu untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler sehingga baik untuk menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam setiap rantai polimer sehingga akan mempermudah

gerakan molekul polimer, tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah dan bersifat non toksik (Setiani *et al.* 2013).

Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, sehingga dihasilkan *film* dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah bila dibandingkan dengan menggunakan gliserol (Widyaningsih *et al.* 2012). 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). Struktur kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar 10.



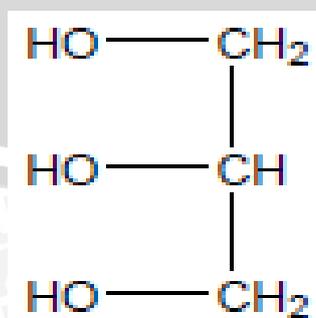
**Gambar 10. Struktur kimia sorbitol**  
Sumber : Purwanti, 2010

### 2.6.2 Gliserol

Gliserol adalah senyawa alkohol polihidrat (*polyol*) dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul atau disebut *alcohol trivalent*, sehingga mudah berikatan dengan air dan bila mengalami pemanasan, air yang terikat mudah menguap. Rumus kimia gliserol adalah  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Berat molekul gliserol 92,10 massa jenisnya 1,23 g/cm<sup>3</sup> dan titik didihnya 204 °C. Gliserol mempunyai sifat mudah larut air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan aktifitas air. Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan

karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Secara teoritis *plasticizer* dapat menurunkan gaya internal diantara rantai polimer, sehingga akan menurunkan tingkat kegetasan dan meningkatkan permeabilitas terhadap uap air (Adikrisna, 2011).

Gliserol merupakan cairan jernih seperti sirup, tidak berwarna, rasa manis, hanya boleh berbau khas lemah (tajam atau tidak enak), higroskopik, dan netral terhadap lakmus. 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). Gliserol adalah salah satu *plastizicer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk *film* yang bersifat hidrofilik seperti pati dan karaginan yang dapat meningkatkan absorpsi molekul polar seperti air (Rodriguez *et al.* 2006). Bertuzi *et al.*, (2007) menambahkan bahwa peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas *film*. Peningkatan konsentrasi gliserol mengakibatkan air yang tertahan dalam matriks edible film semakin meningkat. Gliserol adalah *plasticizer* dengan titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, *non volatile* dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein (Awwaly, 2010). Struktur kimia gliserol dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Struktur Kimia Gliserol  
Sumber : Awwaly, 2010

Penambahan gliserol pada matrik *film* sangat diperlukan, karena gliserol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hidrogen 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). Gliserol dalam fungsinya sebagai *plasticizer* menurunkan ikatan kohesi mekanik antara polimer dan dapat merubah sifat rigiditasnya sehingga *film* yang terbentuk lebih fleksibel. Selain itu, gliserol memiliki bobot molekul yang kecil sehingga dapat bergabung dalam matriks *film* dan meningkatkan fleksibilitas serta kemampuan membentuk *film* (Jacoeb *et al.* 2014). Winarti *et al.* (2012) menambahkan bahwa penambahan gliserol dalam pembuatan *edible film* akan meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut.

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

Mekanisme proses *plasticizer* polimer sebagai akibat penambahan *plasticizer* yaitu melalui adsorpsi, pemecahan, difusi, pemutusan pada bagian amorf, dan pemotongan struktur. *Plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus. Penambahan *plasticizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan film dengan kuat tarik yang lebih rendah (Widyaningsih *et al.* 2012)

Penambahan *plasticizer* dalam pembuatan *edible film* mengakibatkan 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). Jacoeb *et al* (2014) menambahkan

bahwa penambahan gliserol yang akan larut dalam setiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer dan bekerja menurunkan suhu transisi gelas. Polimer yang terbentuk akan semakin lunak jika suhu transisi gelas diturunkan, sehingga akan menyebabkan kuat tariknya semakin rendah.

Semakin banyak konsentrasi *plasticizer* maka ikatan kohesi antar polimer akan semakin kecil dan film yang terbentuk akan lebih lunak sehingga *edible film* yang terbentuk mudah putus (Bourtoom 2008). Rodriguez *et al.* (2006) menambahkan bahwa molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan *elongation* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Penurunan interaksi intermolekuler dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air .

## 2.8 Parameter Kualitas *Edible Film*

Parameter keberhasilan dalam pembuatan *edible film* dapat ditentukan dari karakteristik *film* yang dihasilkan, yaitu kekuatan perenggangan (*Tensile strenght*), persen perpanjangan (*Elongasi*), ketebalan (*Thickness*) dan laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate*) (Pagella *et al.* 2002).

Ketebalan merupakan parameter yang sangat penting karena akan berpengaruh terhadap tujuan penggunaannya untuk pengemas atau pelapis produk. Perbedaan nilai ketebalan disebabkan oleh sifat gliserol, karaginan dan pati yang sama-sama bersifat hidrofilik sehingga mengikat lebih banyak air yang akan menguap setelah proses pengovenan (Trilaksani *et al.* 2007). Ketebalan akan mempengaruhi laju transmisi uap air dan gas sehingga mempengaruhi produk yang dikemas. Semakin tinggi nilai ketebalannya maka sifat dari *edible film* yang dihasilkan akan semakin kaku dan keras serta dengan produk yang

dikemas akan semakin aman dari pengaruh luar. Ketebalan *edible film* juga dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya total padatan dalam larutan (Jacob *et al.* 2014). Ketebalan menentukan ketahanan *film* terhadap laju perpindahan uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. *Edible film* relatif tahan terhadap perpindahan oksigen dan karbondioksida, namun kurang tahan terhadap uap air (Pagella *et al.* 2002). Santoso *et al* (2012) menambahkan bahwa ketebalan suatu film berbanding lurus dengan kuat tarik, artinya semakin tebal *edible film* maka kuat tariknya semakin tinggi karena ketebalan berhubungan dengan meningkatnya berat molekul. Kusumawati dan Widya (2013) menambahkan bahwa ketebalan *edible film* mampu mempengaruhi laju transmisi uap air karena menyebabkan laju transmisi semakin rendah seiring dengan meningkatnya ketebalan.

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 salah satu faktor yang penting dalam menilai permeabilitas bahan kemasan edible film terhadap air (Tamaela dan Lewerissa 2008). Laju transmisi uap air suatu bahan dipengaruhi oleh sifat kimia dan struktur bahan pembentuk konsentrasi *plasticizer* dan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan temperatur. Gelembung udara yang terdapat pada lapisan dapat meningkatkan laju transmisi uap air. Peningkatan nilai laju transmisi uap air dapat juga disebabkan oleh bertambahnya komponen hidrofilik yang terdapat pada *film* sehingga memudahkan uap air melewatinya (Widyaningsih, 2012).

*Tensile strength* merupakan nilai hasil pengujian kekuatan (daya tahan) maksimum *film* setelah diberikan gaya tarik agar merenggang sampai putus. Pengukuran ini untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk

mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area *film* (Handito, 2011). Sifat *tensile strength* tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun *edible film* terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk menentukan kuat atau tidak ikatan antar rantai molekul antar rantai polimer (Adikrisna, 2011). Widyaningsih (2012), menambahkan bahwa penambahan jenis *plasticizer* berbanding terbalik dengan nilai *tensile strength* artinya semakin banyak konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan dalam pembuatan *edible film* maka semakin menurun kuat tarik suatu bahan.

Persentase pemanjangan yaitu persen pertambahan panjang bahan materi *film* dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus (Diova, 2013). Pemanjangan menunjukkan kemampuan rentang *edible film* yang dihasilkan. Penambahan sorbitol dapat meningkatkan nilai pemanjangan sehingga kerapuhan *edible film* menurun dan permeabilitasnya meningkat (Yulianti dan Ginting, 2012). Rahim *et al.* (2010) menambahkan bahwa semakin kuat *edible film* yang terbentuk maka semakin sulit bagi suatu *film* untuk merenggang atau memanjang sehingga akan memperkecil persentase pemanjangan.

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan kappa iota karaginan meliputi rumput laut jenis *Euचेuma cottonii* dan *Euचेuma spinosum* kering, KOH 6%, Ca(OH)<sub>2</sub> 6%, KCl 1,5%, aquades, air, kertas label, pH paper dan air. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan tepung buah api-api meliputi air, kertas label, alumunium foil dan tissue. Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan *edible film* antara lain kappa karaginan, iota karaginan, tepung buah api-api (*Avicennia marina*), gliserol, sorbitol, aquades, kertas label, air dan tissue. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji *tensile strength* dan *elongasi* 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, *silica gel* dan kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji kadar air antara lain *edible film*, air, kertas label.

##### 3.1.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan *semi refine* karaginan meliputi *waterbath*, beaker glass 600 mL, beaker glass 1000 mL, beaker glass 500 mL, timbangan digital, blender, nampan plastik, spatula, *thermometer*, solet, gunting, kain saring, baskom, gelas ukur 100 mL dan ayakan 100 *mesh*. Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan tepung buah api-api (*Avicennia marina*) adalah panci, kompor, sendok, baskom, nampan, blender dan piring plastik. Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan *edible film* antara lain oven, plat plastik, erlenmeyer 100 mL, gelas ukur 5 mL, 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*. 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 merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dengan kontrol yang ketat (Jaedun, 2011). Metode ini dilaksanakan dengan memberikan variabel bebas secara sengaja kepada objek penelitian untuk diketahui akibatnya dalam variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah dua jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu gliserol dan sorbitol terhadap variabel terikat karakteristik *edible film* yaitu ketebalan, kuat renggang putus (*tensile strength*), perpanjangan (*elongasi*), transmisi uap air, dan kadar air.

#### 3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan konsentrasi perbandingan kappa-iota karaginan dan tepung buah api-api terbaik sebagai bahan *mix* dalam pembuatan *edible film* yang digunakan sebagai acuan penelitian utama.

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan cara pembuatan serbuk kappa karaginan, iota karaginan dan tepung buah api-api (*Avicennia marina*). Kemudian hasilnya diambil masing-masing 1 g yang digunakan untuk pengujian kecocokan bahan apabila dicampur menjadi satu. Pengujian kecocokan (*compatible*) bahan dilakukan dengan uji FTIR (*Forrie Transform Infra Red*) yang bertujuan untuk menentukan gugus fungsi setiap bahan pada panjang gelombang yang sama. Tahap terakhir penelitian pendahuluan dilakukan dengan pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api dengan 9 perlakuan yang berbeda dan 3 kali ulangan. Dilakukan 3 kali ulangan didapat dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 (n-1) (r-1) &> 15 \\
 (9-1) (r-1) &> 15 \\
 8 (r-1) &> 15 \\
 8r - 8 &> 15 \\
 8r &> 15 + 8 \\
 r &> 2,88 \Rightarrow 3 \text{ kali ulangan}
 \end{aligned}$$

Rancangan percobaan penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel

12.

**Tabel 12. Rancangan percobaan penelitian pendahuluan**

Perbandingan Perlakuan (Kappa : Iota : Tepung Mangrove)	Ulangan		
	1	2	3
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>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>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub>
A <sub>7</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>7</sub>
A <sub>8</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>8</sub>
A <sub>9</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>9</sub>

**Keterangan :**

- A<sub>1</sub> = Perbandingan 0 : 1 : 3 (kappa 0 g : iota 0,5 g : tepung api-api 1, 5 g)
- A<sub>2</sub> = Perbandingan 0 : 2 : 2 (kappa 0 g : iota 1 g : tepung api-api 1 g)
- A<sub>3</sub> = Perbandingan 0 : 3 : 1 (kappa 0 g : iota 1,5 g : tepung api-api 0, 5 g)
- A<sub>4</sub> = Perbandingan 1 : 0 : 3 (kappa 0,5 g : iota 0 g : tepung api-api 1, 5 g)
- A<sub>5</sub> = Perbandingan 1 : 1 : 2 (kappa 0,5 g : iota 0,5 g : tepung api-api 1 g)
- A<sub>6</sub> = Perbandingan 1 : 2 : 1 (kappa 0,5 g : iota 1 g : tepung api-api 0.5 g)
- A<sub>7</sub> = Perbandingan 2 : 1 : 1 (kappa 1 g : iota 0,5 g : tepung api-api 0,5 g)
- A<sub>8</sub> = Perbandingan 2 : 0 : 2 (kappa 1 g : iota 0 g : tepung api-api 1 g)
- A<sub>9</sub> = Perbandingan 3 : 0 : 1 (kappa 1,5 g : iota 0 g : tepung api-api 0,5 g).

**3.2.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan**

Prosedur kerja penelitian pendahuluan antara lain pembuatan kappa karaginan dari jenis *Eucheuma cottonii* dalam bentuk SRC (*Semi Refined Carrageenan*) berdasarkan metode *gel press* menurut (Irmawan 2013), yang telah dimodifikasi yaitu sebagai berikut, pertama-tama rumput laut dari jenis *E. cottonii* ditimbang sebanyak 25 g lalu dicuci bersih. Kemudian ditambahkan air dengan perbandingan 1:20 (b/v) dan dilakukan perendaman  $\pm$ 4 jam. Kemudian diblender selama 1 menit hingga menjadi pasta dan dilanjutkan dengan ekstraksi. Rumput laut dipanaskan dengan suhu 85°C selama 2 jam dengan penambahan KOH 6%, Hasil ekstraksi didinginkan kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan diambil residunya. Residu tersebut ditambahkan dengan KCl 1,5% kemudian diangin-anginkan. Setelah beku kemudian dikeringkan dan digiling sampai menjadi serbuk dan didapatkan serbuk kappa karaginan.

Pembuatan iota karaginan dari jenis *Eucheuma spinosum* dalam bentuk SRC (*Semi Refined Carrageenan*) dengan metode PNG (*Philippine Natural Grade*) menurut Phillips dan Williams (2001) yang sudah dimodifikasi yaitu sebagai berikut rumput laut jenis *Eucheuma spinosum* kering ditimbang, dibersihkan dan dicuci. Kemudian rumput laut di rebus dalam larutan Ca(OH)<sub>2</sub> dengan konsentrasi 6%(b/v) dengan suhu 70-74°C selama 2 jam. Hasil ekstraksi

kemudian dilakukan penetralan dengan cara dicuci dengan air bersih sampai bau  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  hilang. Setelah itu rumput laut dikeringkan dan digiling kemudian diperoleh iota karaginan.

Pembuatan tepung buah api-api (*Avicennia marina*) dengan menggunakan metode Permadi *et al.* (2012) yang sudah dimodifikasi yaitu buah yang sudah dikupas dan dibersihkan kelopak bunganya direbus dengan air selama 20 menit. Kemudian buah yang sudah direbus dihaluskan dengan blender. Langkah selanjutnya yaitu buah direndam dengan air selama 2 hari dan setiap 6 jam sekali dilakukan pergantian air. Kemudian dilakukan proses pengeringan selama kurang lebih 12 jam. Buah yang sudah kering selanjutnya dilakukan proses penepungan dengan cara dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 100 mesh.

Setelah bubuk kappa iota karaginan dan tepung buah api-api diperoleh, dilakukan pengujian kecocokan (*compatible*) bahan dengan menggunakan uji FTIR. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi bahan (*mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api) yang dicampurkan sebagai bahan dalam pembuatan *edible film* pada panjang gelombang yang sama.

Setelah itu dilakukan tahap pembuatan *edible film* dengan bahan *mix* kappa-iota karaginan dan tepung buah api-api dengan 9 perlakuan dan 3 kali ulangan yang bertujuan untuk menentukan perlakuan terpilih *mix* kappa iota karaginan dan tepung buah api-api 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 menghasilkan karakteristik 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 konsentrasi *plasticizer* gliserol ( $A_1$ ) yang terdiri dari 4 perlakuan 0,5% ( $B_1$ ); 1% ( $B_2$ ); 1,5% ( $B_3$ ) dan 2% ( $B_4$ ), sedangkan faktor perlakuan kedua *plasticizer* sorbitol ( $A_2$ ) yang terdiri dari 4 perlakuan 0,5% ( $B_1$ ), 1% ( $B_2$ ), 1,5% ( $B_3$ ) dan 2% ( $B_4$ ). Tabel perancangan penelitian utama dapat dilihat pada Tabel 13.

Pengulangan sebanyak 3 kali diperoleh dari rumus perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned} (n-1)(r-1) &\geq 15 \\ (8-1)(r-1) &\geq 15 \\ 7(r-1) &\geq 15 \\ 7r-7 &\geq 15 \\ 7r &\geq 15+7 \\ r &\geq \frac{22}{7} \\ r &\geq 3,12 \Rightarrow 3 \text{ kali ulangan} \end{aligned}$$

**Tabel 13.** Rancangan percobaan penelitian utama

Jenis Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Ulangan		
		1	2	3
$A_1$	$B_1$	$A_1 B_1$	$A_1 B_1$	$A_1 B_1$
	$B_2$	$A_1 B_2$	$A_1 B_2$	$A_1 B_2$
	$B_3$	$A_1 B_3$	$A_1 B_3$	$A_1 B_3$
	$B_4$	$A_1 B_4$	$A_1 B_4$	$A_1 B_4$
$A_2$	$B_1$	$A_2 B_1$	$A_2 B_1$	$A_2 B_1$
	$B_2$	$A_2 B_2$	$A_2 B_2$	$A_2 B_2$
	$B_3$	$A_2 B_3$	$A_2 B_3$	$A_2 B_3$
	$B_4$	$A_2 B_4$	$A_2 B_4$	$A_2 B_4$

Keterangan :  $A_1 B_1$  = Jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL)  
 $A_1 B_2$  = Jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 1% (1 mL)  
 $A_1 B_3$  = Jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 1,5% (1,5 mL)  
 $A_1 B_4$  = Jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 2% (2 mL)  
 $A_2 B_1$  = Jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL)  
 $A_2 B_2$  = Jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 1% (1 mL)  
 $A_2 B_3$  = Jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 1,5% (1,5 mL)  
 $A_2 B_4$  = Jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 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 utama meliputi :

1. Pembuatan *edible film* dengan jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu gliserol dan sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL), 1% (1 mL), 1,5% (1,5 mL) dan 2% (2 mL). Proses pembuatan *edible film* menurut Jacob et al. (2014), yang sudah dimodifikasi yaitu timbang serbuk hasil *mix kappa iota* karaginan dan pati sesuai dengan perlakuan, masukkan kedalam enlemeyer 100 mL kemudian panaskan dengan 80 mL aquades diatas *hot plate stirrer* pada suhu 85°C, tambahkan dengan *plasticizer* masing-masing sebanyak 0,5% (0,5 mL), 1% (1 mL), 1,5% (1,5 mL) dan 2% (2 mL) dan volumenya dijadikan 100 mL. Larutan kemudian dituang dalam plat plastik selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 60°C selama 5-6 jam.
2. Dilakukan uji karakteristik *edible film* diantaranya uji ketebalan (Huri dan Nisa, 2014), *tensile strength* dan uji *elongasi* (Akili et al. 2012), uji transmisi uap air (Huri dan Nisa 2014) dan uji kadar air (Sudarmadji 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

### 3.2.3 Parameter Uji

#### 3.2.3.1 Uji Kadar Air (Sudarmadji *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.

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

Dimana, A = berat botol timbang (g)

B = berat sampel (g)

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

#### 3.2.3.2 Transmisi Uap Air (Huri dan Fithri, 2014 )

*Edible film* yang akan diuji dipotong. Kemudian wadah 1 diisi 15 mL 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>)

### 3.2.3.3 Ketebalan (Huri dan 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.

### 3.2.3.4 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:

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

### 3.2.3.5 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 ( $\text{mm}^2$ )

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Bahan Baku

#### 4.1.1 Rumput Laut

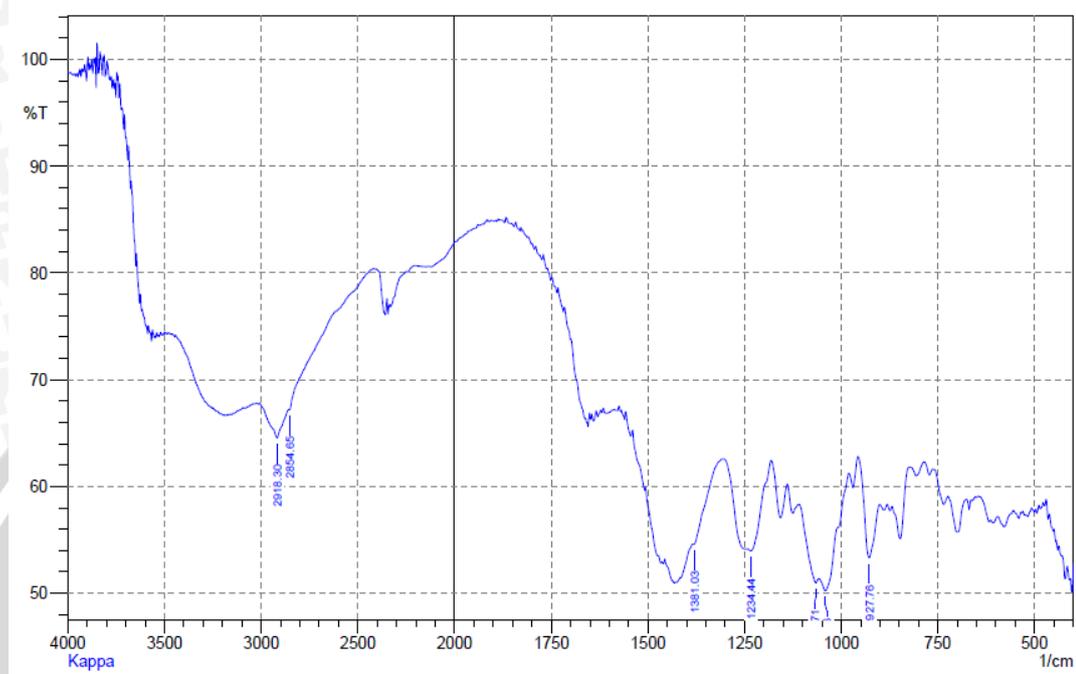
Bahan baku berupa rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*. Rumput laut *Eucheuma cottonii* berasal dari daerah Surabaya, sedangkan *Eucheuma spinosum* berasal dari daerah Madura. Umur rumput laut yang digunakan untuk pembuatan kappa karaginan dan *iota* karaginan masing-masing sekitar 40 hari. Untuk pembuatan karaginan yang digunakan adalah rumput laut kering dengan kadar air untuk *Eucheuma cottonii* 20%, dan *Eucheuma spinosum* 31%. Menurut Widyastuti (2008), selama periode pertumbuhan rumput laut pada 21-45 hari setelah tanam (HST), rumput laut menghasilkan ekstrak karaginan cukup tinggi.

#### 4.1.2 Karaginan

Ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* menghasilkan kappa karaginan dan *iota* karaginan. Karaginan yang dihasilkan masing-masing memiliki persen kadar air yaitu kappa karaginan sebesar 4,38% dan *iota* karaginan sebesar 5,24%. Berdasarkan FAO kadar air karaginan tidak boleh lebih dari 12%. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk kappa dan *iota* karaginan yang dihasilkan dari penelitian ini memenuhi standart FAO.

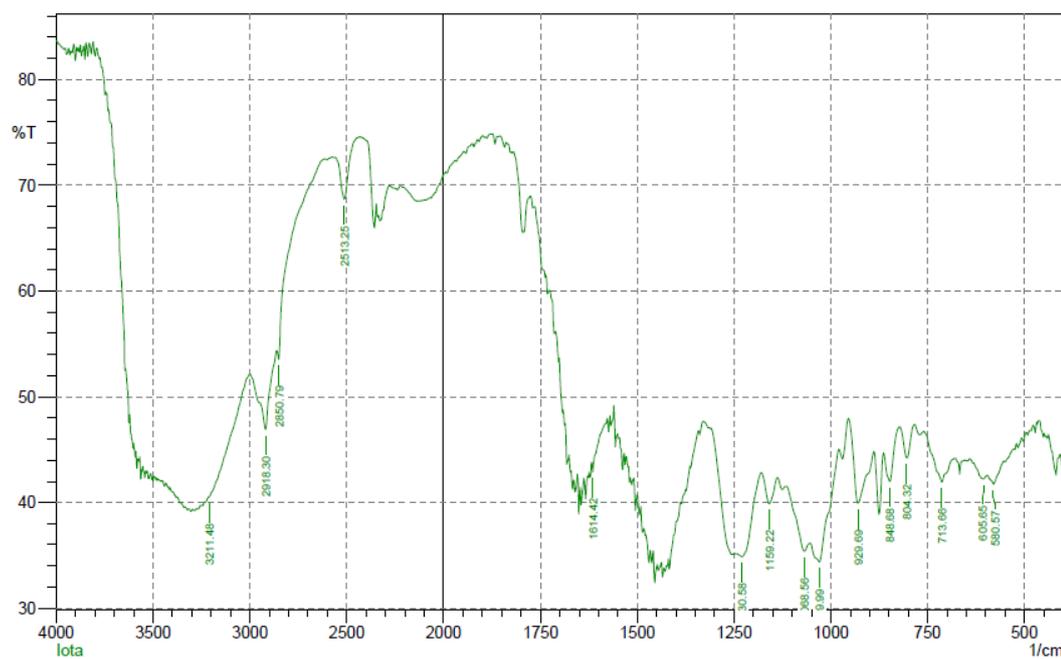
Kedua jenis karaginan tersebut dilakukan uji FTIR untuk melihat kecocokan gugus yang ada dalam karaginan tersebut. Menurut Setiani *et al.* (2013) menyatakan bahwa uji FTIR dilakukan bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia karena itu sampel yang digunakan dalam proses pembuatan *edible film* dianalisis dengan FTIR. Hasil uji

FTIR kappa karaginan dan iota karaginan dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Spektra kappa karaginan

Dari Gambar 12. dapat diketahui bahwa pada peak ke-1 ( $927,76 \text{ cm}^{-1}$ ), adalah gugus 3,6 anhidro-D-galaktosa (3,6 AG), peak ke-4 ( $1234,44 \text{ cm}^{-1}$ ) adalah gugus ester sulfat. Namun untuk gugus galaktosa 4-sulfat (G4S), bilangan gelombangnya tidak terbaca. Hal ini kemungkinan disebabkan peak yang dihasilkan pada kisaran gelombang G4S terlalu kecil. Dari analisa tersebut dapat dikatakan bahwa *Eucheumma cottonii* akan menghasilkan karaginan tipe kappa. Menurut Pereira *et al.* (2009) menyatakan bahwa standart identifikasi kappa karaginan meliputi ester sulfat dengan kisaran bilangan gelombang  $1240\text{-}1260 \text{ cm}^{-1}$ , 3,6 anhidro-D-galaktosa (3,6 AG) dengan kisaran bilangan gelombang  $925\text{-}935 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1075\text{-}1085 \text{ cm}^{-1}$  dan galaktos 4-sulfat (G4S) dengan kisaran bilangan gelombang  $845\text{-}850 \text{ cm}^{-1}$ ,



Gambar 13. Spektra Iota karaginan

Dari Gambar 13. dapat diketahui bahwa pada peak ke-4 ( $804,32\text{ cm}^{-1}$ ), adalah gugus D-anhidrogalaktoza 2 sulfat (DA2S), peak ke-5 ( $848,68\text{ cm}^{-1}$ ) adalah gugus galaktoza 4-sulfat (G4S), peak ke-6 ( $929,69\text{ cm}^{-1}$ ) adalah gugus 3,6 anhidrogalaktoza (3,6 AG) dan peak ke-10 ( $1230,58\text{ cm}^{-1}$ ) adalah gugus ester sulfat. Dari analisa tersebut dapat dikatakan bahwa *Eucheumma spinosum* akan menghasilkan karaginan tipe Iota. Menurut Pereira *et al.* (2009) menyatakan bahwa standart identifikasi Iota karaginan meliputi ester sulfat dengan kisaran bilangan gelombang  $1240\text{-}1260\text{ cm}^{-1}$ , 3,6 anhidro-D-galaktoza (3,6 AG) dengan kisaran bilangan gelombang  $925\text{-}935\text{ cm}^{-1}$  dan  $1075\text{-}1085\text{ cm}^{-1}$ , galaktoza 4-sulfat (G4S) dengan kisaran bilangan gelombang  $845\text{-}850\text{ cm}^{-1}$  dan DA2S dengan kisaran bilangan gelombang  $905\text{-}907\text{ cm}^{-1}$  dan  $804\text{-}808\text{ cm}^{-1}$ .

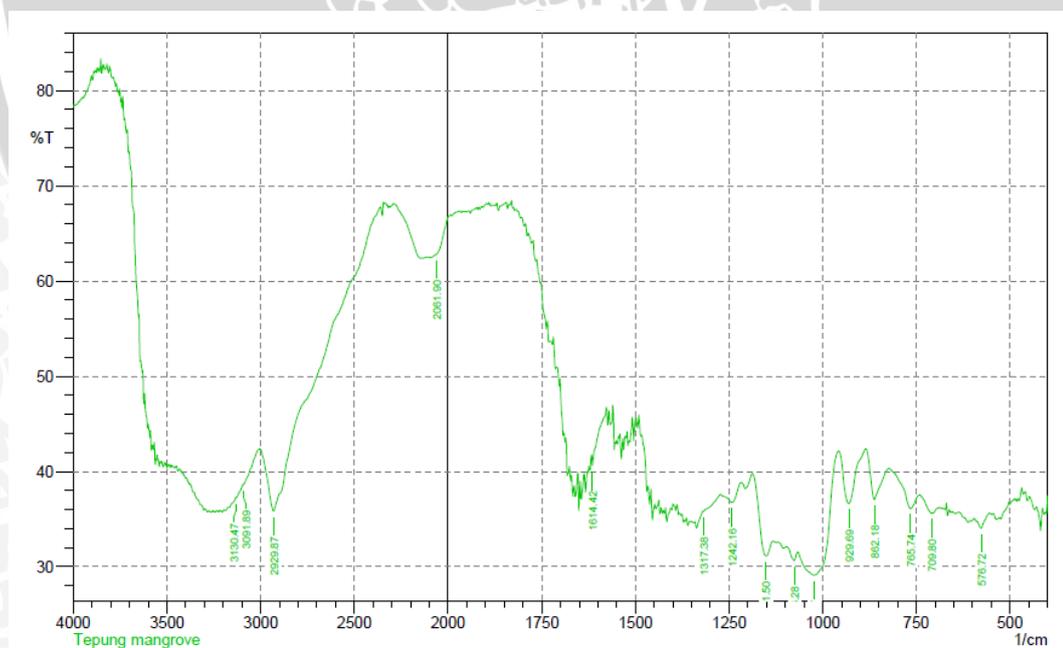
#### 4.1.3 Buah Mangrove *Avicennia marina*

Bahan baku buah mangrove yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah mangrove jenis *Avicennia marina* yang berasal dari daerah Probolinggo. Kadar air buah api-api sebesar 62,8%.

#### 4.1.4 Tepung Mangrove *Avicennia marina*

Buah mangrove *Avicennia marina* diolah menjadi tepung mangrove yang akan dijadikan sebagai bahan *mix* dengan kappa iota karaginan dalam pembuatan *edible film*. Tepung mangrove yang dihasilkan memiliki persen kadar air dibawah 14% sebesar 6,77%. Menurut Richana dan Titi (2004), tepung yang baik hendaknya memiliki kadar air yang tidak lebih dari 14%, karena batas toleransi mikroba masih dapat tumbuh pada 14-15%.

Tepung mangrove *Avicennia marina* dilakukan uji FTIR untuk melihat gugus fungsi yang ada dalam tepung tersebut. Hasil dari uji FTIR tepung mangrove dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 14. Spektra Tepung Mangrove

Analisis terhadap gugus fungsi yang terdapat dalam tepung mangrove dilakukan dengan *Fourier Transform Infra Red Spectrophotometry* (FTIR). Hasil analisis tersebut disajikan dalam Gambar 14. Gugus hidroksil bebas menyerap energi pada kisaran  $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ , sehingga pita yang nampak pada rentang  $3091,89\text{-}3130,47\text{ cm}^{-1}$  dalam spektra tepung mangrove adalah penanda adanya gugus -OH. Pita yang nampak pada bilangan gelombang  $2929,87\text{ cm}^{-1}$  dalam spektra ini adalah penanda adanya gugus C-H alkana. Pita yang nampak pada bilangan gelombang  $1614,42\text{ cm}^{-1}$  penanda adanya gugus C=C. Pita yang nampak pada bilangan gelombang  $1242,16\text{ cm}^{-1}$  dan  $1317,38\text{ cm}^{-1}$  penanda adanya gugus C-N. Pita yang nampak pada bilangan gelombang  $1076,28\text{ cm}^{-1}$  dan  $1151,5\text{ cm}^{-1}$  penanda adanya gugus C-O. Pita yang nampak pada bilangan gelombang  $709,8\text{ cm}^{-1}$ ,  $765,74\text{ cm}^{-1}$  dan  $862,18\text{ cm}^{-1}$  penanda adanya gugus C-H struktur aromatik.

#### 4.2 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mencari perbandingan konsentrasi terbaik *mix kappa iota* karaginan dan tepung buah api-api dalam pembuatan *edible film* untuk menghasilkan karakteristik *film* terbaik. berdasarkan hasil ANOVA dan diuji lanjut BNT didapatkan hasil terbaik perbandingan kappa iota karaginan dan tepung buah api-api. Hasil uji karakteristik *edible film* pada penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil uji karakteristik *edible film* pada penelitian pendahuluan

Perlakuan (Kappa : Iota : Tepung api- api)	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )	Tensile Strength ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	Elongasi (%)	Transmisi Uap Air ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ )
A <sub>1</sub> (0 : 1 : 3)	108,5±0,79 <sup>g</sup>	2,83±0,73 <sup>a</sup>	6,31±0,76 <sup>cd</sup>	100±7,40 <sup>f</sup>
A <sub>2</sub> (0 : 2 : 2)	54,83±0,60 <sup>a</sup>	4,19±1,26 <sup>a</sup>	10,91±0,65 <sup>d</sup>	94,79±0,41 <sup>f</sup>
A <sub>3</sub> (0 : 3 : 1)	76,33±0,45 <sup>ef</sup>	5,95±0,64 <sup>ab</sup>	1,83±0,35 <sup>a</sup>	76,04±0,56 <sup>d</sup>
A <sub>4</sub> (1 : 0 : 3)	64,3±1,23 <sup>c</sup>	2,32±0,99 <sup>a</sup>	5,41±0,46 <sup>bc</sup>	69,79±1,47 <sup>c</sup>
A <sub>5</sub> (1 : 1 : 2)	70,73±2,02 <sup>d</sup>	3,30±1,16 <sup>a</sup>	6,82±0,28 <sup>cd</sup>	68,75±3,13 <sup>c</sup>
A <sub>6</sub> (1 : 2 : 1)	75,67±0,78 <sup>e</sup>	4,38±0,78 <sup>ab</sup>	12,33±0,42 <sup>e</sup>	38,54±1,33 <sup>a</sup>
A <sub>7</sub> (2 : 1 : 1)	74,5±0,79 <sup>e</sup>	4,65±1,17 <sup>ab</sup>	5,38±0,49 <sup>b</sup>	57,29±5,41 <sup>b</sup>
A <sub>8</sub> (2 : 0 : 2)	58,87±0,31 <sup>b</sup>	3,71±0,60 <sup>a</sup>	5,68±0,48 <sup>bc</sup>	83,33±0,78 <sup>e</sup>
A <sub>9</sub> (3 : 0 : 1)	85,77±0,67 <sup>f</sup>	2,78±0,81 <sup>a</sup>	4,5±0,62 <sup>b</sup>	106,25±0,88 <sup>g</sup>

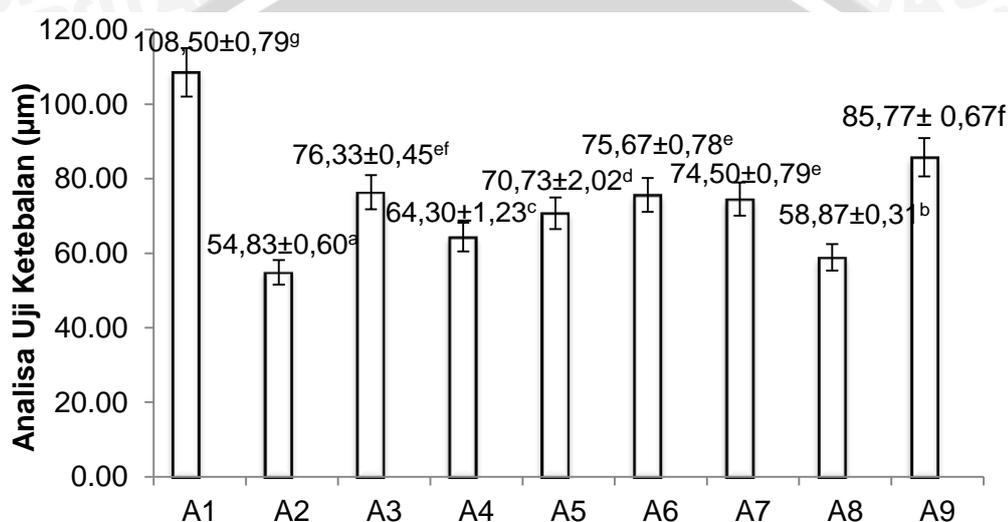
Keterangan : notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ( $p < 0,05$ )

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai ketebalan terbaik pada perlakuan A<sub>2</sub> (0 : 2 : 2) yaitu sebesar 54,83  $\mu\text{m}$ . Nilai *tensile strength* terbaik pada perlakuan A<sub>3</sub> (0 : 3 : 1) yaitu sebesar 5,95  $\text{N}/\text{mm}^2$ . Nilai *elongasi* terbaik pada perlakuan A<sub>6</sub> (1 : 2 : 1) yaitu sebesar 12,33%. Nilai transmisi uap air terbaik pada perlakuan A<sub>6</sub> (1 : 2 : 1) yaitu sebesar 38,54  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ . Perlakuan terpilih pada penelitian pendahuluan adalah perlakuan A<sub>6</sub> (1:2:1) dengan nilai tiap ujinya adalah sebagai berikut ketebalan 75.67  $\mu\text{m}$ , *tensile strength* 4,38  $\text{N}/\text{mm}^2$ , *elongasi* 12,33% dan transmisi uap air sebesar 38,54  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ .

Dari analisis ragam (ANOVA), dengan menggunakan derajat kesalahan 0,05% dan derajat kepercayaan 95% didapatkan bahwa ada pengaruh nyata dari setiap perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api. 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 9 perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang digunakan. Hasil analisis keragaman (ANOVA) dan uji lanjut BNT pada penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 4.2.1 Ketebalan

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap nilai ketebalan *edible film* (Lampiran 8) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Hasil uji ketebalan *edible film* dapat dilihat pada Tabel 14. Pengaruh konsentrasi *mix* kappa iota dan tepung api-api yang berbeda terhadap ketebalan dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15. Grafik pengaruh perbandingan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api terhadap ketebalan *edible film***

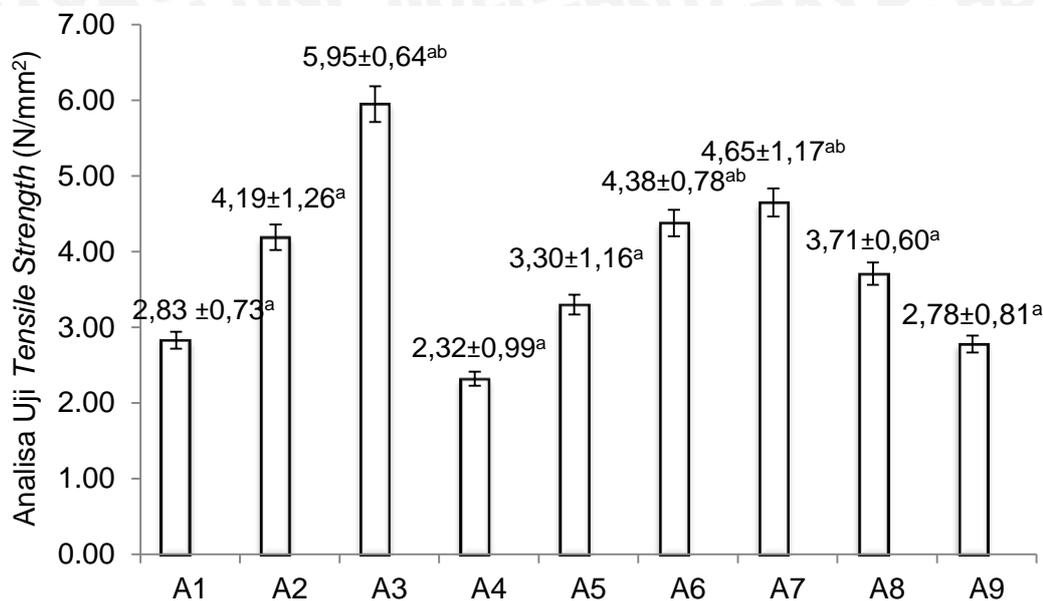
Gambar 15. menunjukkan nilai ketebalan tertinggi sebesar 108,50 µm pada perlakuan A<sub>1</sub> dengan konsentrasi kappa : *iota* : tepung api-api adalah 0 : 1 : 3 (kappa 0 g : *iota* 0,5 g: tepung api-api 1,5 g), sedangkan nilai ketebalan terendah sebesar 54,83 µm pada perlakuan A<sub>2</sub> dengan konsentrasi kappa : *iota* : tepung api-api (kappa 0 g : *iota* 1 g : tepung api-api 1 g). Pada Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa perbandingan *mix* kappa *iota* karaginan dan tepung api-api dengan konsentrasi yang berbeda dapat berpengaruh terhadap ketebalan *edible film mix* kappa *iota* karaginan dan tepung api-api. Konsentrasi kappa dan tepung api-api berbanding terbalik dengan nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan, artinya semakin tinggi konsentrasi kappa dan konsentrasi tepung api-api maka semakin kecil nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan dan sebaliknya semakin

rendah konsentrasi kappa dan konsentrasi tepung api-api maka semakin besar nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan, sedangkan untuk konsentrasi iota berbanding lurus dengan nilai ketebalan *edible film*, artinya semakin tinggi konsentrasi iota maka nilai ketebalan *edible film* semakin besar dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi iota maka nilai ketebalan *edible film* semakin kecil. Nilai ketebalan yang diharapkan adalah nilai terendah. Semakin rendah nilai ketebalan, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Perlakuan  $A_2$  merupakan perlakuan dengan nilai ketebalan terendah, akan tetapi tidak bisa menjadi perlakuan terbaik karena menghasilkan karakteristik *film* yang lembek dan lengket, sehingga perlakuan  $A_2$  tidak bisa dikatakan sebagai perlakuan terbaik. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan  $A_6$  menjadi perlakuan terpilih pada parameter ketebalan. Ketebalan bukan merupakan parameter utama yang mempengaruhi kualitas *edible film*. Menurut Jacob et al. (2014), nilai ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya total padatan dalam larutan. Menurut Santoso et al. (2012), ketebalan suatu *film* berbanding lurus dengan kuat tarik, artinya semakin tebal *edible film* maka kuat tariknya semakin tinggi karena ketebalan berhubungan dengan meningkatnya berat molekul. Selain itu menurut Kusumawati dan Widya (2013), ketebalan *edible film* mampu mempengaruhi laju transmisi uap air karena menyebabkan laju transmisi semakin rendah seiring dengan meningkatnya ketebalannya.

#### 4.2.2 Tensile Strenght

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap *tensile strength edible film* berbahan *mix kappa iota karaginan dan tepung api-api* (Lampiran 9) menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil uji *tensile strength* dapat dilihat pada Tabel 14. Pengaruh

konsentrasi kappa-iota dan tepung api-api yang berbeda terhadap *tensile strength edible film* dapat dilihat pada Gambar 16.



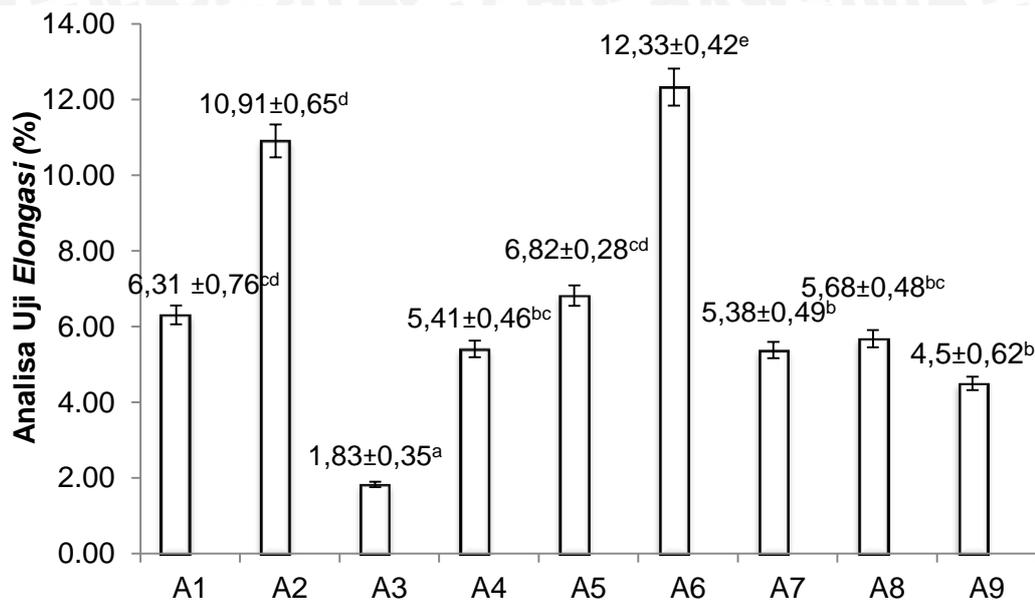
**Gambar 16. Grafik pengaruh perbandingan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api terhadap *Tensile Strenght edible film***

Pada Gambar 16. menunjukkan hasil uji *tensile strength* tertinggi sebesar 5,17 N/mm<sup>2</sup> pada perlakuan A<sub>3</sub> dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api adalah 0 : 3 : 1 (0 g kappa : 1,5 g iota dan 0,5 g tepung api-api), sedangkan *tensile strength* terendah sebesar 2,32 N/mm<sup>2</sup> pada perlakuan A<sub>4</sub> dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api (0 g kappa : 1,5 g iota dan 0,5 g tepung api-api). Hasil ini menunjukkan bahwa perbandingan kappa-iota karaginan dan tepung api-api dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh terhadap *tensile strength edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api. Konsentrasi kappa karaginan dan tepung api-api berbanding terbalik, artinya semakin tinggi konsentrasi *kappa* dan tepung api-api nilai *tensile strength* semakin kecil dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *kappa* dan tepung api-api nilai *tensile strength* semakin besar, sedangkan untuk konsentrasi iota berbanding lurus yaitu semakin tinggi konsentrasi iota nilai *tensile strength* semakin besar sedangkan semakin rendah konsentrasi iota nilai *tensile strength* semakin kecil. Hal ini

sesuai dengan penelitian Jacob *et al.* (2014) bahwa penambahan konsentrasi karaginan akan menyebabkan peningkatan kuat tarik pada film. Hal ini disebabkan karena karaginan mampu membentuk matriks polimer yang kuat dan menjadikan kekuatan tarik intermolekul semakin kuat pada *edible film*. Nilai *tensile strenght* yang diharapkan adalah nilai tertinggi. Semakin tinggi nilai *tensile strenght*, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Perlakuan A<sub>3</sub> mempunyai nilai *tensile strenght* tertinggi, akan tetapi tidak bisa dikatakan sebagai perlakuan terbaik, karena *film* yang terbuat dari bahan *mix* iota dan tepung api-api dihasilkan mempunyai karakteristik yang lembek dan lengket. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>6</sub> menjadi perlakuan terpilih pada parameter *tensile strenght*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Handito (2011), ketebalan *edible film* dapat berpengaruh pada nilai *tensile strenght edible film*. Semakin tebal *edible film* akan menurunkan nilai *tensile strenght* atau kekuatan tariknya.

#### 4.2.3 *Elongasi*

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap *elongasi edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api (Lampiran 10) menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil uji *elongasi* dapat dilihat pada Tabel 14. Pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap *elongasi edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api dapat dilihat pada Gambar 17.



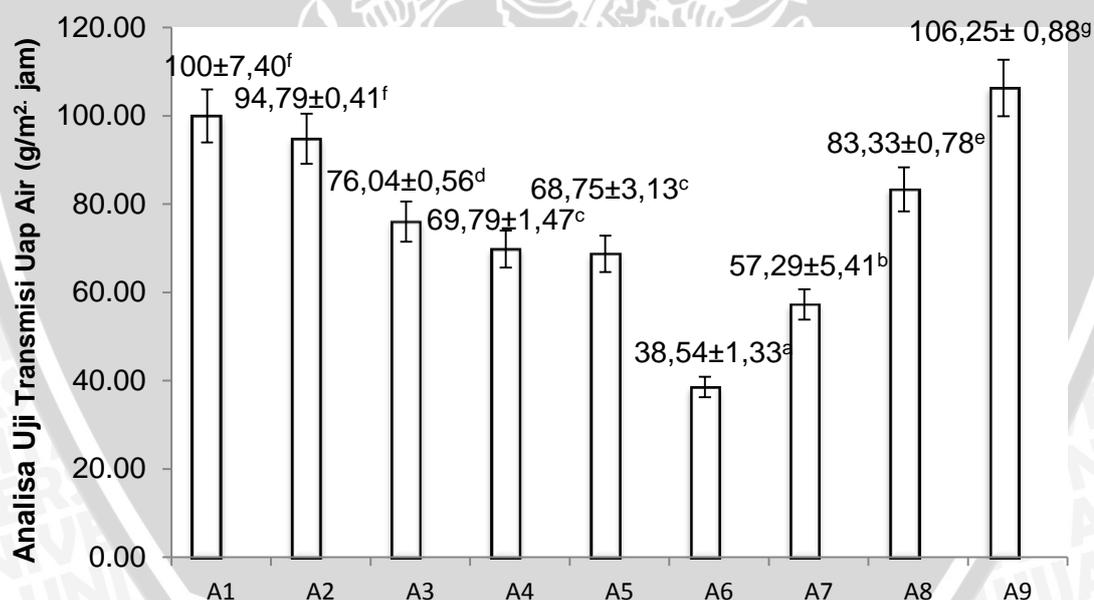
**Gambar 17. Grafik pengaruh perbandingan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api terhadap *Elongasi edible film***

Pada Gambar 8. menunjukkan *elongasi* tertinggi sebesar 12,33% pada perlakuan A<sub>6</sub> dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api adalah 1 : 2 : 1 (0,5 g kappa : 1 g iota : 0,5 g tepung api-api), sedangkan *elongasi* terendah sebesar 1,83% pada perlakuan A<sub>3</sub> dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api adalah 0 : 3 : 1 (0 g kappa : 1,5 g iota : 0,5 g tepung api-api). Hal ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan bahan kappa dan iota dengan konsentrasi yang berbeda dapat mempengaruhi *elongasi* atau perpanjangan *edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api. Semakin tinggi konsentrasi *kappa* dan tepung api-api maka nilai *elongasinya* semakin kecil, sebaliknya semakin tinggi konsentrasi *iota* maka nilai *elongasinya* semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian Jacob et al. (2014) bahwa Penambahan kappa karaginan akan menyebabkan nilai pemanjangan turun. Nilai *elongasi* yang diharapkan adalah nilai tertinggi. Semakin tinggi nilai *elongasi*, semakin bagus kualitas edible film yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>6</sub> dengan perbandingan 1 : 2 : 1 (0,5 g kappa : 1 g iota : 0,5 g tepung api-api) menjadi perlakuan terbaik karena mempunyai nilai *elongasi* tertinggi dibandingkan

dengan perbandingan perlakuan lainnya. Menurut Basmal *et al.*(2003), kappa karaginan dengan adanya ion  $K^+$  cenderung membentuk gel yang kuat namun iota karaginan dengan adanya ion  $Ca^+$  membentuk gel yang sangat kuat, sehingga *edible film* dari bahan iota saja hasilnya lebih elastis dan nilai perpanjangannya lebih tinggi dari pada *edible film* dari bahan kappa saja.

#### 4.2.4 Transmisi Uap Air

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap nilai laju transmisi uap air (Lampiran 11) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil uji transmisi uap air dapat dilihat pada Tabel 14. Pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan tepung api-api yang berbeda terhadap transmisi uap air dapat dilihat pada Gambar 18.



**Gambar 18. Grafik pengaruh perbandingan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api transmisi uap air *edible film***

Gambar 18. menunjukkan nilai transmisi uap air tertinggi sebesar 106,25 g/mm<sup>2</sup>.jam pada perlakuan A<sub>9</sub> dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api adalah 3 : 0 : 1 (1,5 g kappa : 0 g iota : 0,5 g tepung api-api), sedangkan nilai

transmisi uap air terendah sebesar  $38,54 \text{ g/mm}^2 \cdot \text{jam}$  pada perlakuan  $A_6$  dengan konsentrasi kappa : iota : tepung api-api yaitu 1 : 2 : 1 (1,5 g kappa : 0 g iota : 0,5 g tepung api-api). Dari Gambar 6. dapat disimpulkan bahwa perbandingan kappa dan iota dengan konsentrasi yang berbeda dapat berpengaruh terhadap nilai transmisi uap air *edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api. Konsentrasi kappa dan tepung api-api terhadap nilai transmisi uap berbanding lurus, artinya semakin tinggi konsentrasi kappa dan tepung api-api, maka semakin tinggi nilai transmisi uap air, sedangkan untuk konsentrasi iota berbanding terbalik, yaitu semakin tinggi konsentrasi iota, maka semakin kecil nilai transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jacob et al. (2014) bahwa dengan adanya penambahan kappa karaginan akan menyebabkan peningkatan nilai transmisi uap air. Hal ini disebabkan karena karaginan termasuk kelompok hidrokoloid yang mempunyai sifat yang buruk daya tahannya terhadap uap air dan termasuk bahan yang bersifat hidrofilik yang menyebabkan *edible film* dapat mudah menyerap uap air. Nilai transmisi uap air yang diharapkan adalah nilai terendah. Semakin kecil nilai transmisi uap air, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan  $A_6$  menjadi perlakuan terbaik, karena mempunyai nilai transmisi uap air terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Nilai transmisi uap air pada penelitian pendahuluan ini sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena bahan dasar pembuatan *edible film* berasal dari bahan kelompok hidrokoloid yang bersifat higroskopis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haris (2001), menyatakan bahwa film dari hidrokoloid umumnya mempunyai struktur mekanik yang cukup bagus, namun kurang bagus terhadap penghambatan uap air.

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa perlakuan A6 dengan perbandingan 1 : 2 : 1 (0.5 g kappa : 1 g iota : 0.5 g tepung api-api) menjadi perlakuan terpilih pada penelitian pendahuluan dan digunakan sebagai acuan penelitian utama.

### 4.3 Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk membandingkan dua jenis *plasticizer* (Gliserol dan sorbitol) dan mencari konsentrasi *plasticizer* terbaik dalam pembuatan *edible film* yang menghasilkan karakteristik *edible film* terbaik. Berdasarkan hasil ANOVA dan diuji lanjut Duncan dengan menggunakan SPSS 16.0 didapatkan hasil jenis dan konsentrasi *plasticizer edible film* terbaik berbahan *mix* kappa-iota karaginan dan tepung api-api. Hasil uji karakteristik *edible film* pada penelitian utama dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 15. Hasil uji karakteristik edible film pada penelitian utama**

Perlakuan (Kappa : Iota : Tepung api-api)	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )	Tensile Strength ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	Elongasi (%)	Transmisi Uap Air ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ )	Kadar Air (%)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	53,59±11,52 <sup>a</sup>	15,14±5,32 <sup>d</sup>	5,06±0,68 <sup>a</sup>	47,50±4,59 <sup>c</sup>	0,956±0,0058 <sup>a</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	81,42±20,46 <sup>d</sup>	13,41±7,17 <sup>c</sup>	8,45±2,64 <sup>b</sup>	40,64±14,63 <sup>b</sup>	0,963±0,0058 <sup>bc</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	75,52±9,97 <sup>c</sup>	8,04±2,95 <sup>a</sup>	13,54±4,83 <sup>d</sup>	41,76±4,93 <sup>b</sup>	0,960±0,0173 <sup>b</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	76,46±7,28 <sup>c</sup>	7,83±0,67 <sup>a</sup>	15,92±1,82 <sup>e</sup>	36,69±9,12 <sup>a</sup>	0,960±0,0100 <sup>b</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	67,84±8,69 <sup>b</sup>	15,27±4,02 <sup>d</sup>	5,28±0,41 <sup>a</sup>	27,82±2,65 <sup>a</sup>	0,953±0,0058 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	66,66±14,19 <sup>b</sup>	13,91±1,30 <sup>c</sup>	6,90±0,69 <sup>ab</sup>	47,20±6,08 <sup>c</sup>	0,963±0,0153 <sup>bc</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	131,11±13,66 <sup>e</sup>	8,74±1,73 <sup>b</sup>	11,67±0,96 <sup>c</sup>	47,98±16,68 <sup>d</sup>	0,966±0,0208 <sup>bc</sup>
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	84,06±6,75 <sup>d</sup>	8,82±1,21 <sup>b</sup>	15,34±3,16 <sup>e</sup>	49,61±6,54 <sup>d</sup>	0,956±0,0252 <sup>a</sup>

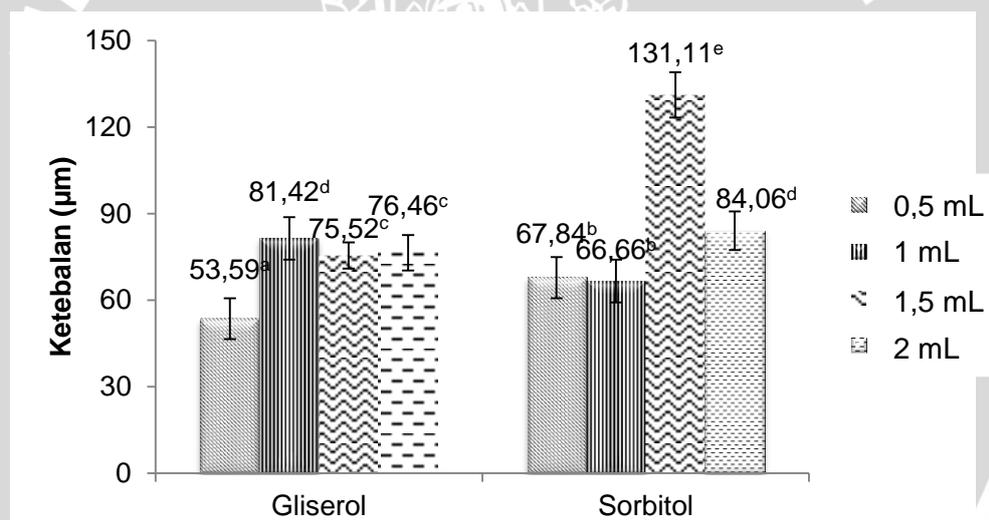
Keterangan: notasi yang berbeda ditunjukkan dengan perbedaan yang nyata antar perlakuan ( $p < 0,05$ ).

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil uji ketebalan *edible film* terbaik pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (sorbitol dengan konsentrasi 0,5 mL) yaitu 53.59  $\mu\text{m}$ . Hasil uji *tensile strength* terbaik pada perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (gliserol dengan konsentrasi 0,5 mL) yaitu 15.27  $\text{N}/\text{mm}^2$ . Hasil uji *elongasi* terbaik pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> (gliserol dengan konsentrasi 2 mL) yaitu 15,92%. Hasil uji transmisi uap air terbaik pada perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (gliserol dengan konsentrasi 0,5 mL) yaitu 27,82  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ . Hasil

uji kadar air terbaik pada perlakuan  $A_2B_1$  (gliserol dengan konsentrasi 0,5 mL) yaitu 0,953%. Hasil analisis keragaman (ANOVA) dan uji lanjut Duncan pada penelitian utama dapat dilihat pada lampiran 12.

#### 4.3.1 Ketebalan

Analisis sidik ragam pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan *mix kappa iota karaginan* dan tepung api-api terhadap ketebalan *edible film* (Lampiran 12) menunjukkan pengaruh nyata dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0,05$ ). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap ketebalan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 19.



**Gambar 19. Grafik pengaruh jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap ketebalan *edible film***

Gambar 19. menunjukkan nilai ketebalan tertinggi sebesar 131,11  $\mu\text{m}$  pada perlakuan  $A_2B_3$  (sorbitol dengan konsentrasi 1,5 mL), sedangkan nilai ketebalan terendah sebesar 53,59  $\mu\text{m}$  pada perlakuan  $A_1B_1$  (gliserol dengan konsentrasi 0,5 mL). Dari Gambar 19. dapat disimpulkan bahwa perbandingan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda dapat berpengaruh terhadap nilai ketebalan *edible film mix kappa iota karaginan* dan tepung api-api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol

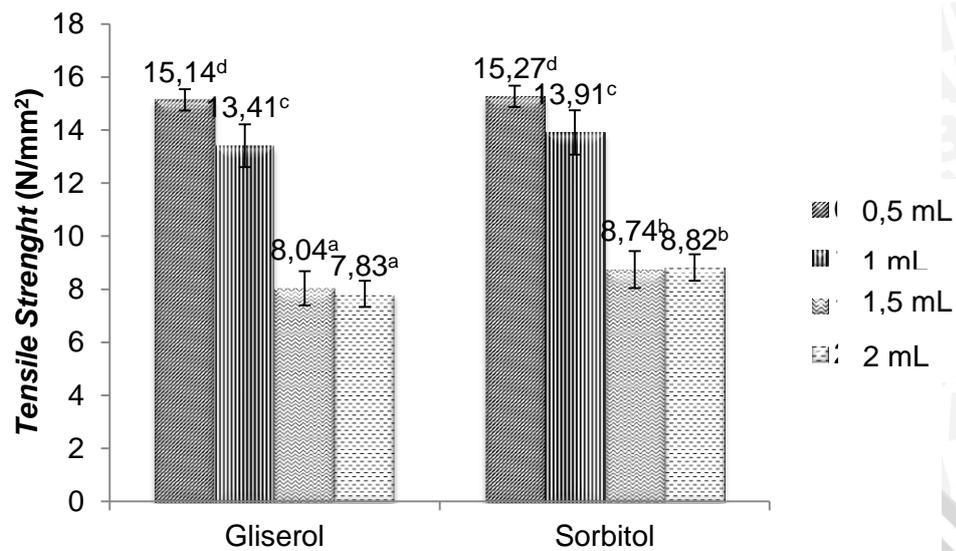
menghasilkan ketebalan yang lebih besar dibandingkan gliserol. Menurut Jacob *et al.* (2014), gliserol merupakan senyawa alkohol polihidrat dengan tiga gugus molekul hidroksil sehingga mudah berikatan dengan air dan bila mengalami pemanasan air yang terikat mudah menguap, sedangkan pengaruh konsentrasi *plasticizer* terhadap ketebalan berbanding lurus, artinya semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan, maka semakin besar nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *plasticizer* yang diberikan, maka semakin kecil nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan Tamaela dan Lewerissa (2008), semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka ketebalan *edible film* yang dihasilkan juga semakin tinggi (tebal). Nilai ketebalan yang diharapkan adalah nilai terendah. Semakin rendah nilai ketebalan, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (gliserol dengan konsentrasi 0,5 mL) merupakan perlakuan terbaik karena memiliki nilai terendah yaitu sebesar 53,59  $\mu\text{m}$ .

Ketebalan merupakan parameter yang sangat penting karena akan berpengaruh terhadap tujuan penggunaannya untuk pengemas atau pelapis produk. Perbedaan nilai ketebalan disebabkan oleh sifat gliserol, karaginan dan pati yang sama-sama bersifat hidrofilik sehingga mengikat lebih banyak air yang akan menguap setelah proses pengovenan (Trilaksana *et al.* 2007). Ketebalan akan mempengaruhi laju transmisi uap air dan gas sehingga mempengaruhi produk yang dikemas. Semakin tinggi nilai ketebalannya maka sifat dari *edible film* yang dihasilkan akan semakin kaku dan keras serta dengan produk yang dikemas akan semakin aman dari pengaruh luar (Jacob *et al.* 2014). Nilai ketebalan berbanding terbalik dengan transmisi uap air, artinya semakin tinggi nilai transmisi uap air maka semakin rendah ketebalan film yang dihasilkan. Hal

ini sesuai dengan pernyataan Jacob et al. (2014) bahwa lembaran *film* terbentuk pada saat proses pengovenan berlangsung. Larutan *film* akan mengalami penguapan air sehingga akan terjadi pengkerutan partikel yang akan akan membentuk lembaran *film*. Proses pembentukan *film* diawali dengan mudarnya jarak antar partikel yang saling berikatan dalam suatu cairan sehingga setelah terjadi proses penguapan akan terbentuk suatu lembaran *film*. Selain itu menurut Rachmawati (2009), ketebalan *film* akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik *film* yang lain, seperti *tensile strength* dan *elongasi*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya. Menurut Pascal dan Lin (2012), ketebalan *edible film* biasanya diantara 50 sampai 250  $\mu\text{m}$  dapat digunakan untuk membungkus produk atau membuat kantong tas.

#### 4.3.2 *Tensile Strength*

Analisis sidik ragam perbedaan konsentrasi *plasticizer* pada *edible film* berbahan *mix kappa-iota karaginan* dan tepung api-api menunjukkan pengaruh nyata terhadap *tensile strength edible film* (Lampiran 13) dan untuk penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda tidak berpengaruh nyata, artinya baik sorbitol maupun gliserol menghasilkan nilai *tensile strength* yang tidak jauh berbeda. Pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap *tensile strength edible film* dapat dilihat pada Gambar 20.



**Gambar 20. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap *tensile strength* edible film**

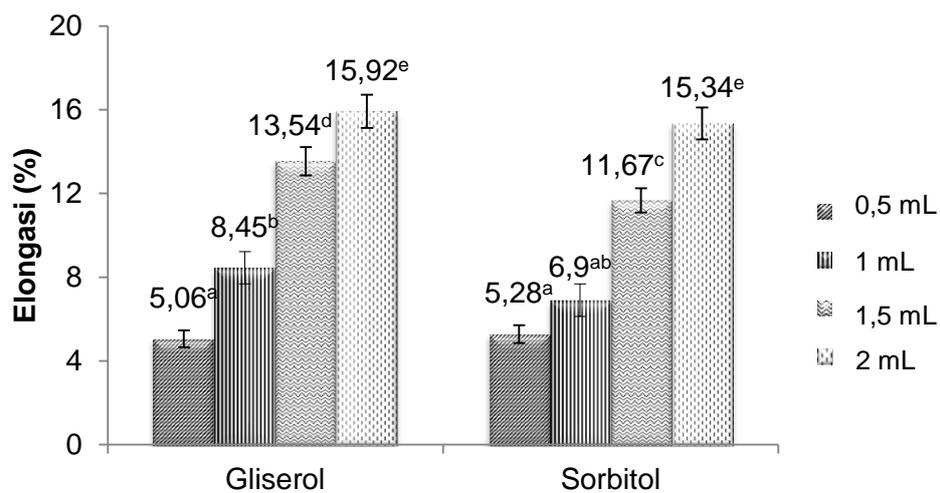
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength* tertinggi sebesar 15,27 N/mm<sup>2</sup> dengan perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (sorbitol 0,5 mL), sedangkan nilai *tensile strength* terendah sebesar 7,83 N/mm<sup>2</sup> dengan perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> (gliserol 2 mL). Hasil perhitungan *tensile strength* dengan kombinasi perlakuan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yaitu 7,83 – 15,27 N/mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol maupun gliserol menghasilkan kuat tarik yang tidak jauh berbeda, artinya tidak berbeda nyata, sedangkan untuk konsentrasi *plasticizer* berbanding terbalik terhadap nilai *tensile strength* yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin kecil nilai *tensile strength* yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin besar nilai *tensile strength* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Widyaningsih (2012) yang menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* akan mengurangi kekuatan ikatan hidrogen molekul polimer, sehingga mengurangi nilai ketahanan sobek (*tensile strength*). Nilai *tensile strength* yang diharapkan adalah tertinggi. Semakin tinggi nilai *tensile strength*, semakin bagus

kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (sorbitol 0.5 mL) menjadi perlakuan terbaik karena memiliki nilai *tensile strength* tertinggi yaitu sebesar 15.27 N/mm<sup>2</sup>.

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan gaya maksimum yang terjadi pada film selama pengukuran berlangsung. Hasil *tensile strength* sangat berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang ditambahkan. Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga mengurangi daya regang putus (Widyaningsih, 2012). Jacob et al. (2014) menambahkan bahwa penambahan gliserol pada *edible film* dapat mengakibatkan penurunan gaya intermolekul yang akan menyebabkan menurunnya kekuatan tarik. Rodrigues et al. (2008) menambahkan bahwa molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer. Sehingga menyebabkan peningkatan *elongasi* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Penurunan interaksi intermolekul dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air.

#### 4.3.3 *Elongasi*

Analisis sidik ragam perbedaan konsentrasi *plasticizer* pada *edible film* berbahan *mix* kappa-iota karaginan dan tepung api-api menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap *elongasi edible film* yang dihasilkan (Lampiran 14) dan untuk penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap *elongasi edible film* yang dihasilkan. Pengaruh jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap *elongasi edible film* dapat dilihat pada Gambar 21.



**Gambar 21. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap *elongasi edible film***

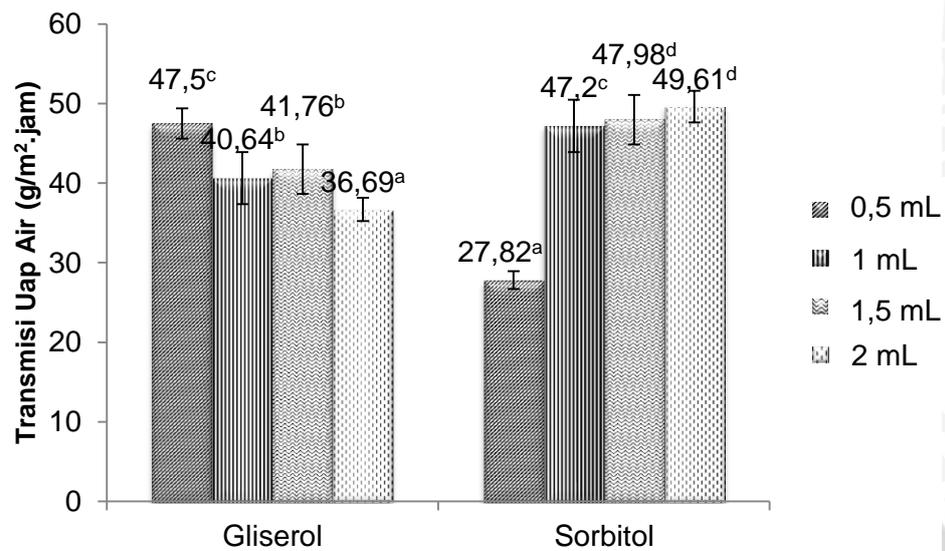
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *elongasi* tertinggi sebesar 15,92% pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> (sorbitol 2 mL), sedangkan nilai *elongasi* terendah sebesar 5,06% pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (gliserol 0,5 mL). Hasil perhitungan *elongasi* dengan kombinasi perlakuan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yaitu 5,06-15,92%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol maupun gliserol menghasilkan nilai *elongasi* yang tidak jauh berbeda, artinya tidak ada pengaruh nyata terhadap *elongasi edible film*, sedangkan untuk konsentrasi *plasticizer* berbanding lurus terhadap nilai *elongasi* yang dihasilkan. Yaitu semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin besar nilai *elongasi* yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin kecil nilai *elongasi* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widyarningsih (2012) bahwa penambahan *plasticizer* dalam jumlah besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan yang besar juga. Nilai *elongasi* yang diharapkan adalah nilai tertinggi. Semakin tinggi nilai *elongasi*, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>4</sub> (gliserol 2 mL)

menjadi perlakuan terbaik karena mempunyai nilai tertinggi yaitu sebesar 15,92%.

Pemanjangan didefinisikan sebagai prosentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus (Rachmawati, 2009). Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* menyebabkan peningkatan nilai pemanjangan yang dihasilkan. 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, 2012). Keberadaan dari *plasticizer* di dalam *film* pati bisa menyela pembentukan *double helices* dari amilosa dengan cabang amilopektin, lalu mengurangi interaksi antara molekulmolekul amilosa dan amilopektin, sehingga meningkatkan fleksibilitas *film* pati (Zhang dan Han, 2006).

#### 4.3.4 Transmisi Uap Air

Analisis sidik ragam perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* pada *edible film* berbahan *mix* kappa-iota karaginan dan tepung api-api menunjukkan pengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan (Lampiran 15) dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ( $p < 0,05$ ). Pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap transmisi uap air *edible film* dapat dilihat pada Gambar 22.



**Gambar 22. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap transmisi uap air *edible film***

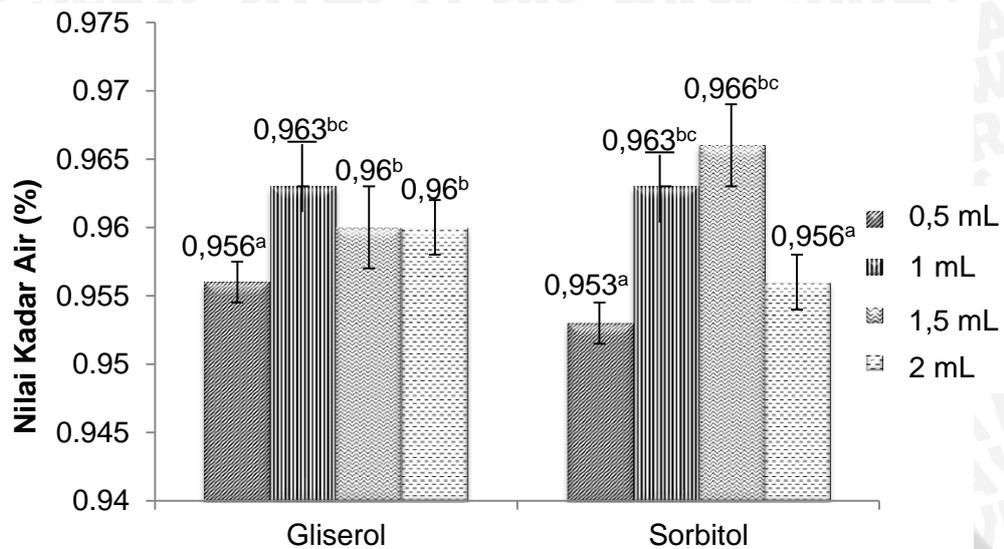
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi transmisi uap air sebesar 49.61 g/mm<sup>2</sup>.jam pada perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>4</sub> (sorbitol 2 mL), sedangkan nilai terendah transmisi uap air sebesar 27.82 g/m<sup>2</sup>.jam pada perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (sorbitol 0,5 mL). Hasil perhitungan transmisi uap air dengan kombinasi perlakuan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yaitu 27,82-49,61 g/m<sup>2</sup>.jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol menghasilkan transmisi uap air yang lebih besar dibandingkan gliserol, sedangkan untuk konsentrasi *plasticizer* berbanding lurus terhadap nilai transmisi uap air yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin besar nilai transmisi uap air yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin kecil nilai transmisi uap air yang dihasilkan. Nilai transmisi uap air yang diharapkan adalah nilai terendah. Semakin rendah nilai transmisi uap air, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> (sorbitol 0,5 mL) menjadi perlakuan terbaik karena mempunyai nilai transmisi uap air terendah yaitu sebesar 27,82 g/m<sup>2</sup>. jam.

Nilai transmisi uap air pada penelitian ini terlihat tidak stabil khususnya pada jenis plasticizer gliserol, 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).

Laju transmisi uap air merupakan jumlah uap air yang hilang per satuan waktu dibagi dengan luas area film (Rachamawati, 2009). Laju transmisi uap air suatu bahan dipengaruhi oleh sifat kimia dan struktur bahan pembentuk, konsentrasi *plasticizer* dan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan temperatur. Gelembung udara yang terdapat pada lapisan dapat meningkatkan laju transmisi uap air. Peningkatan nilai laju transmisi uap air dapat juga disebabkan oleh bertambahnya komponen hidrofilik yang terdapat pada film sehingga memudahkan uap air melewatinya (Widyaningsih, 2012). Menurut Santoso (2004), pori-pori kecil mengakibatkan *film* berbahan dasar pati memiliki laju transmisi rendah terhadap uap air dan gas.

#### 4.3.4 Kadar Air

Analisis sidik ragam perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* pada *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap nilai kadar air *edible film* yang dihasilkan (Lampiran 16). Pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 23.



**Gambar 23. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap kadar air *edible film***

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi kadar air sebesar 0,966% pada perlakuan  $A_2B_3$  (sorbitol 1,5 mL), sedangkan nilai terendah kadar air sebesar 0,953% pada perlakuan  $A_2B_1$  (sorbitol 0,5 mL). Hasil perhitungan kadar air dengan kombinasi perlakuan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yaitu 0,953-0,966 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata perbedaan jenis *plasticizer edible film* terhadap nilai kadar air yang dihasilkan, artinya kadar air yang dihasilkan hampir sama baik yang menggunakan sorbitol maupun gliserol, sedangkan untuk perbedaan konsentrasi *plasticizer* juga tidak berbeda nyata pada setiap konsentrasi, artinya nilai kadar air yang dihasilkan untuk setiap konsentrasi hampir sama. Konsentrasi *plasticizer* berbanding lurus terhadap nilai kadar air yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin besar nilai kadar air yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin kecil nilai kadar air yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bourtoom (2006) bahwa peningkatan konsentrasi *plasticizer* meningkatkan kadar air dari *film* karena higroskopis yang tinggi. Nilai kadar air yang diharapkan

adalah nilai terendah, artinya semakin rendah nilai kadar air, semakin bagus kualitas *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan  $A_2B_1$  (sorbitol 0,5 mL). menjadi perlakuan terbaik karena mempunyai nilai kadar air terendah yaitu sebesar 0,953%.

Nilai kadar air yang dihasilkan dipengaruhi oleh metode maupun waktu pengeringan yang 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).

#### 4.4 Perlakuan Terpilih

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

Pada penelitian pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api, sifat yang menentukan kualitas *edible film* berdasarkan ketebalan, *tensile strength* dan *elongasi*. Hal ini sesuai dengan penelitian Yulianti dan Ginting (2012) tentang *edible film* dari umbi-umbian bahwa sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, perpanjangan dan kuat tarik. Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi *plasticizer*. Pada penelitian ini yang menjadi faktor terhadap kualitas *edible film* yaitu jenis dan konsentrasi *plasticizer* sebagai bahan tambahan.

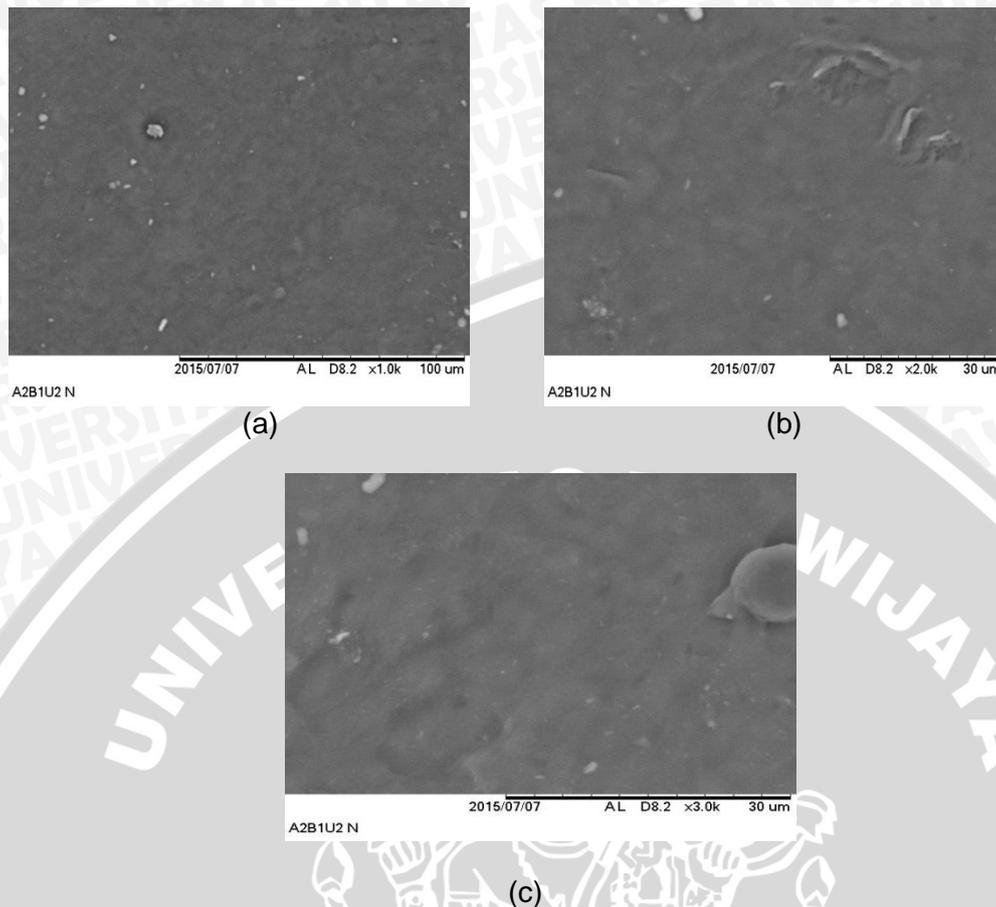
Perlakuan terpilih pada penelitian *edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api dengan dua jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu uji ketebalan diambil nilai terendah yaitu 53,59  $\mu\text{m}$  pada perlakuan  $A_1B_1$  dengan penambahan gliserol 0,5 mL. Uji *tensile strength* diambil nilai tertinggi yaitu 15,27  $\text{N}/\text{mm}^2$  pada perlakuan  $A_2B_1$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 0,5 mL. Uji transmisi uap air diambil nilai terendah yaitu 27,82  $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$  pada perlakuan  $A_2B_1$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 0,5 mL. Uji perpanjangan diambil nilai tertinggi yaitu 15,92% pada perlakuan  $A_1B_4$  dengan penambahan *plasticizer* gliserol 2 mL. Uji kadar air diambil nilai terendah yaitu 0,953% pada perlakuan  $A_2B_1$  dengan penambahan sorbitol 0,5 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  $A_2B_1$  dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL). Dengan hasil nilai tiap uji yaitu ketebalan 67,84  $\mu\text{m}$ , *tensile strength* 15,27  $\text{N}/\text{mm}^2$ , transmisi uap air 27,82  $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$ , perpanjangan 5,28% dan kadar air sebesar 0,953%. Nilai tiap parameter pada penelitian ini terhadap standar *edible film* komersil pada Tabel 1. menurut Amaliya (2013), yaitu *tensile strength* yaitu 15,27  $\text{N}/\text{mm}^2$  pada *grade* 3 dengan nilai minimal 10  $\text{N}/\text{mm}^2$ , *elongasi* yaitu 5,28% pada *grade* 10 dengan nilai minimal 5%, dan transmisi uap air yaitu 0,0028  $\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{jam}$  (27,82  $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jam}$ ) pada *grade* 1 dengan nilai maksimal 0,1  $\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{jam}$ , sedangkan uji kadar air dan ketebalan mengacu pada standar *edible film* menurut Arifin *et al.* (2009) pada Tabel 10. yaitu nilai kadar air pada penelitian ini sebesar 0,0953%, sedangkan untuk standart *edible film* harus dibawah 20%, sehingga kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi standart *edible film* yang tercantum pada Tabel 10. sedangkan hasil untuk nilai ketebalan sebesar 0,0068 cm (67,84

µm). Standart ketebalan *edible film* antara 0,1 – 0,20 cm. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan hasil penelitian belum memenuhi standart *edible film* karena nilainya masih diatas 0,1 cm.

#### 4.5 Analisa *Scanning Electronic Microscope* (SEM) pada Perlakuan Terpilih

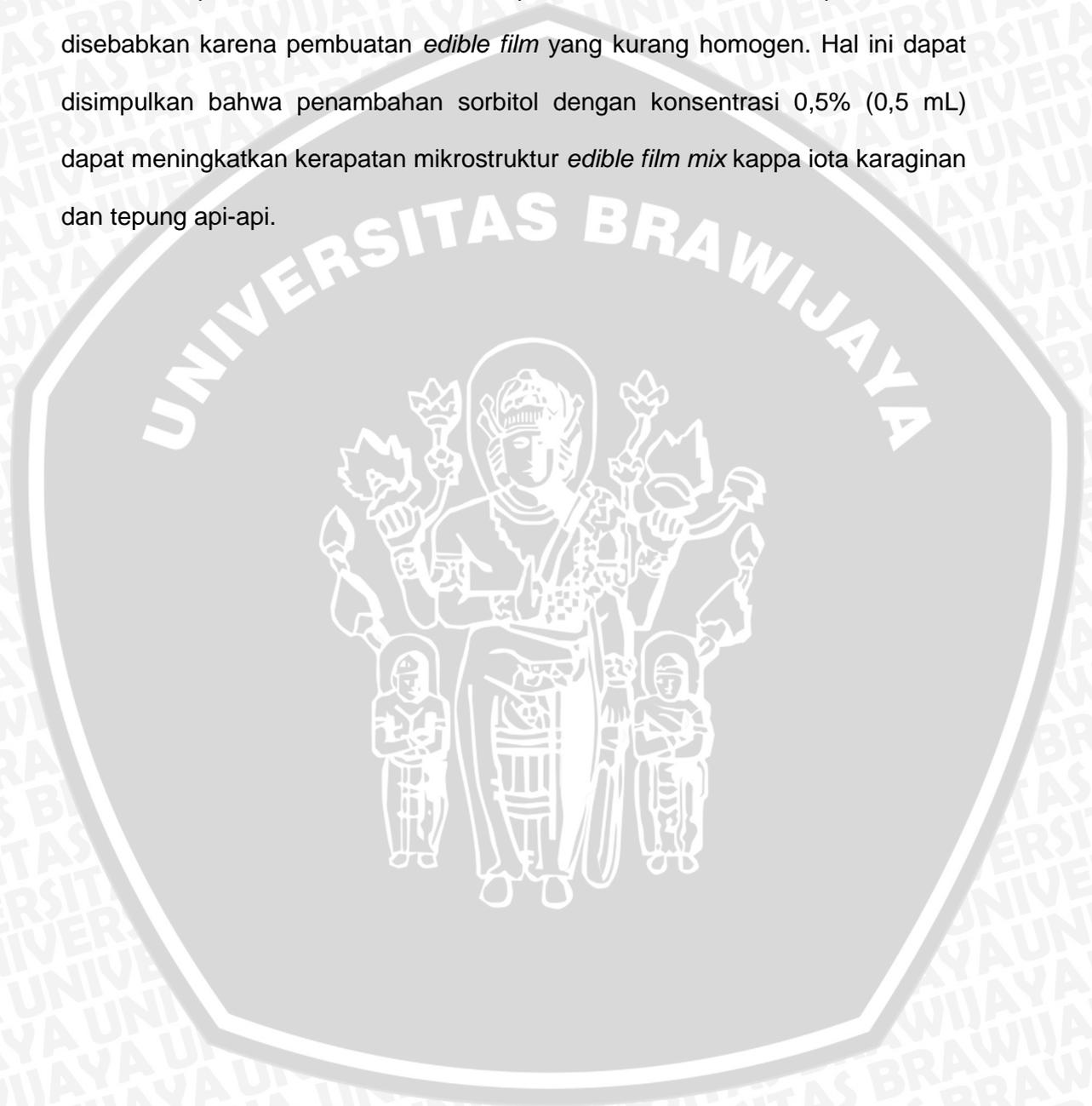
Analisa *Scanning Electronic Microscope* (SEM) pada *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api dengan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda bertujuan untuk mengetahui struktur mikroskopis dari *edible film*. Cara kerja SEM yaitu menggunakan prinsip pancaran elektron yang ditembakkan pada sampel. Menurut Setiani *et al.* (2013), uji SEM dilakukan bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dari *film* bioplastik apakah sudah merata atau belum. Herliany (2013) menambahkan bahwa uji SEM dilakukan untuk mengetahui struktur mikroskopis *biofilm*. Hasil dari perlakuan terpilih pembuatan *edible film* berbahan *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api yang ditambahkan dengan sorbitol dan gliserol dengan konsentrasi yang berbeda dilakukan pengujian struktur mikroskopisnya dengan SEM yang bertujuan untuk menganalisis dan mengetahui bentuk morfologi dari sampel yang diujikan. Hasil penampang *edible film* dapat dilihat pada Gambar 24.



**Gambar 24.** Penampang *edible film mix* Kappa-Iota Karaginan dan Tepung Api-api dengan *plasticizer* sorbitol konsentrasi 0,5%. (a) Perbesaran 1000x, (b) Perbesaran 2000x, (c) Perbesaran 3000x.

Hasil analisis morfologi *edible film* ini menunjukkan bahwa permukaan *edible film* yang kurang halus dan merata serta berpori. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pencampuran karaginan dan tepung api-api yang ditambahkan dengan sorbitol pada pembuatan *edible film* kurang homogen. Struktur *edible film* pada penelitian ini terlihat lebih halus dan rapat, namun berpori bila dibandingkan dengan hasil SEM sampel *edible film* pada penelitian (Ramadhani, 2014). dari penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhani, 2014) yang menyatakan bahwa *edible film* yang terbuat dari bahan *mix* kappa-iota karaginan dengan penambahan sorbitol 2% menghasilkan morfologi permukaan yang kurang halus dan merata karena masih banyak lekukan pada permukaan *edible film*, jika dibandingkan dengan penelitian (Setiani *et al.* 2013), hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa struktur edible film terlihat lebih halus dan rapat. Setiani *et al.* (2013) menyatakan bahwa 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, ada retakan dan berpori. Hal ini disebabkan karena pembuatan *edible film* yang kurang homogen. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL) dapat meningkatkan kerapatan mikrostruktur *edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

- a. Penggunaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh peningkatan terhadap karakteristik kimia dan fisik *edible film* yaitu ketebalan, transmisi uap air, *elongasi*, dan kadar air dengan nilai tertinggi masing-masing parameter adalah 131,11  $\mu\text{m}$ , 49,61  $\text{g}/\text{m}^2$ . jam, 15,92% dan 0,966%. Serta memberikan pengaruh penurunan terhadap sifat *tensile strength* (kuat tarik) pada *edible film* dengan nilai terendah 15,27  $\text{N}/\text{mm}^2$ .
- b. Jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang terpilih untuk karakteristik *edible film mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api dengan perbandingan 1 : 2 : 1 (0,5 g kappa : 1 g iota : 0,5 g tepung api-api) adalah perlakuan  $A_2B_1$  dengan jenis *plasticizer* sorbitol konsentrasi 0,5% (0,5 mL).

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini hasil *tensile strength*, *elongasi* dan kadar air tidak berpengaruh terhadap perbedaan jenis *plasticizer*, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penggunaan *plasticizer* dan konsentrasi lain yang bisa menghasilkan karakteristik *edible film* berbahan dasar *mix* kappa iota karaginan dan tepung api-api yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adikrisna, D.D. 2011. Pengaruh Regelatinsasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah (*Vigna angularis sp.*). *Thesis*. Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro: Semarang.
- Akili, M.S., Ahmad, U. dan Suyatma, N.E., 2012. Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang. *Jurnal Keteknikan Pertanian Vol. 26. No.1.*
- Amaliya, R.R., 2013. Karakterisasi *Edible Film* dari Pati Jagung dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih sebagai Antibakteri. *Skripsi*. Fakultas Teknik Pertanian. Universitas Brawijaya: Malang.
- Antoniou, J., Fei L., Hamid M., Haroon J., dan Fang Z. 2014. Physicochemical and Thermomechanical Characterization of Tara Gum Edible Films: Effect of Polyols as Plasticizers. *Carbohydrate polymers*.
- Arifin, F., Nurhidayati L., Syarmalina dan Rensy. 2009. Formulasi Edible Film Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle L.*) antihalitosis. *Kongres Ilmiah ISFI XVII*.
- Awwaly, K.U., Abdul M dan Esti W. 2010. Pembuatan Edible Film Protein Whey : Kajian Rasio Protein dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik dan Kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak Vol. 5 No. 1.*
- Aydinli, M., Tutas, M. dan Bozdemir, A., 2004. Mechanical and Light Transmittance Properties of Locust Bean Gum Based Edible Films. *Turkey Journal Chemistry Vol. 28.*
- Basmal, J., Syarifuddin dan Farid M. 2003. Pengaruh Konsentrasi Larutan Potasium Hidroksida Terhadap Mutu Kappa Karaginan yang Diekstraksi dari *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Vol.9 No. 5.*
- Bertuzzi, M.A. Vidaurre, E.F.C. Armada, M. dan Gottifredi, J.C. 2007. Water Vapor Permeability of Edible Starch Based Film. *Journal Food Engineering Vol.80 No.2.*
- Bourtoom T. 2008. Review article edible films and coatings: characteristics and properties. *Journal International Food Research Vol.15 No.3*
- Cahyo, W., Kusmana C., Suryani A., Hartati Y. dan Oktadiani P. 2009. Pemanfaatan Pohon Mangrove Api-api (*Avicennia spp.*) sebagai Bahan Pangan dan Obat. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Campo, V.L., Daniel F.K., Dilson B.S dan Ivone C. 2009. Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications And Structural Analysis. *Journal of Carbohydrate Polymers Vol 77.*

- Carmona, H. 2013. Conventional and Alternative Technologies for The Extraction of Algal Pollysaccharides. Instituto Politecnico INAPESCA : Mexico.
- Choi, W.S., dan Han J.H. 2002. Film Forming Mechanism And Heat Denaturation Effects On The Physical And Chemical Properties Of Peaprotein Isolate Edible Films. *Journal of Food Science Vol. 3 No.2.*
- Damat. 2008. Efek Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Garut Butirat. *Jurnal Agroteknologi Vol. 16. No.3.*
- Diharmi, A., Dedi F., Nuri A dan Endang S. 2011. Karakteristik Komposisi Kimia Rumput Laut Merah *Euचेuma Spinosum* yang Dibudidayakan Dari Perairan Nusa Penida, Takalar, dan Sumenep. *Terubuk Perikanan Berkala Vol.39 No.2.*
- Diova, D. A., Darmanto Y. S. dan Rianingsih L. 2013. Karakteristik *Edible Film* Komposit *Semirifine* Karaginan dari Rumput Laut *Euचेuma cottonii* dan beeswax. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan Vol.2. No.3.*
- Distantina S., Fadillah., Danarto.,Wiratni dan Fahrurrozi. 2009. Pengaruh Kondisi Proses pada Pengolahan *Euचेuma cottonii* Terhadap Rendemen dan Sifat Gel Karaginan. *Ekuilibrium Vol.8. No. 1.*
- Distantina, S., Wiratni., Fahrurrozi dan Rochmadi. 2011. Carragenan Properties Extracted from *Euचेuma cottonii*, Indonesia. *World Academy of Science, Engineering and Technology Vol.5 No.1.*
- Distantina, S., Fadilah., Rochmadi., Rozi M dan Wiratni. 2010. Proses Ekstraksi Karaginan Dari *Euचेuma cottonii*. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses Vol.7 No.8*
- Distantina, S., Rochmadi.,Fahrurrozi M dan Wiratni. 2012. Preparation and Characterization of Glutaraldehyde Crosslinked Kappa Carrageenan Hydrogel. *Engineering Journal Vol.17. No.3.*
- Embuscado, M.E. dan Huber, K.C., 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer : New York.
- Farnani, Y H., Nunik C dan Nihla F. 2013. Pengaruh Kedalaman Tanam Terhadap Pertumbuhan *Euचेuma spinosum* pada Budidaya dengan Metode Rawai. *Jurnal Kelautan Vol.6 No.1.*
- Febriyandini, O. 2012. Pengaruh Perlakuan Siklus Pemanasan-Pendinginan (Autoclaving Cooling Cycling) terhadap Mutu Tepung Mangrove Api-api (*Avicennia marina*). *Skripsi*. Program Studi Teknologi Industri Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya : Malang.
- Fonkwe, L.G., Archibald, D.A. dan Gennadios, A., 2005. Non Gelatin Capsule Shell Formulation. Compositions in several Indonesian seaweed. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia Vol.11 No.2*

- Halidah. 2014. *Avicennia marina* Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. *Informasi Teknis Ekosistem Botani Vol. 11 No. 1*.
- Handito, D. 2011. Pengaruh Konsentrasi Karaginan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Edible Film*. *Agroteknologi Sosial Vol.21 No.3*.
- Harris, H. 2001. Kemungkinan Penggunaan Edible Film dari Pati Tapioka untuk Pengemas Lempuk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia Vol. 3 No. 2*.
- Herliany N.E., Joko S dan Ella S. 2013. Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Karaginan. *Jurnal Akuatika Vol. 4 No.1*.
- 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. dan Nisa, F.C., 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film*. *Jurnal pangan dan Agroindustri Vol.2 No.4*
- Ilimingtyas, W.H dan Dian K. 2009. Potensi Buah Mangrove sebagai Alternatif Sumber Pangan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Tujuh Belas Agustus. Semarang.
- Irfani, A.A. 2014. Pengaruh Penggunaan Rumput Laut Jenis *Euचेuma sp.* dalam Bentuk Segar dan SRC (Semi Refined Carragenan) serta Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Kualitas Edible Film. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya : Malang
- Irmawan. A. B., 2013. 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.
- Jacob, A.M., Roni N dan Siluh P.S.D.U. 2014. Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserol dan Karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Vol.17 No.1*.
- Jaedun, A. 2011. Metodologi Penelitian Eksperimen. *Makalah Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta : Yogyakarta.
- Jaya, D dan Endang S. 2010. Pembuatan Edible Film dari Tepung Jagung. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Vol 10 No. 2*.
- Kusumawati D.H dan Widya D.R.P. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.1 No.1*.

- Larotonda, F.D.S., 2007. Biodegradable Films and Coatings Obtained from Carrageenan from *Mastocarpus stellatus* and Starch from *Quercus suber*, Thesis. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto : America.
- Liu, Z. dan J. H Han. 2005. Film Forming Characteristics of Starches. *Journal Food Science Vol.70 No.1*.
- Marhamah, 2012. Pengolahan Rumput Laut sebagai Sumber Belajar Biologi Melalui Project Based Learning Di Kabupaten Lombok Timur. *Prosiding Seminar Nasional dan Pembelajaran Malang*.
- Martins, J.T., Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C dan Vicente, A. A. 2014. Edible Films Based on  $\kappa$ -carrageenan / Locust Bean Gum -Effects of Different Polysaccharide Ratios on Film Properties. *Journal of Biological Engineering Vol.1 No.6*.
- Murdinah. 2011. Prospek Pengembangan Produk Berbasis Rumput Laut *Euचेuma spinosum* Dari Nusa Penida, Bali. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*.
- Nugroho, I. 2014. Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Penambahan Plasticizer Sorbitol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Ampas Jeruk Siam (*Citrus nobilis L.*) Skripsi. Fakultas Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta : Yogyakarta.
- Nurhayanti dan Agusman. 2011. Edible Film Khitosan dari Limbah Udang sebagai Pengemas Pangan Ramah Lingkungan. *Squalen Vol. 6 No. 1*,
- Oktavionus, S. 2013. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Mangrove Jenis *Avicennia marina* Terhadap Bakteri *Vibrio parahaemolyticus*. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Pagella, C., Spigno G. dan DeFaveri D.M. 2002. Characterization Of Starch Based Edible Coatings. *Journal of Food and Bioproducts Processing Vol.3 No.2*
- Pascal, M.A. dan Lin, S.J. 2012. The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry. *Journal of Food Processing and Technology Vol. 4 No. 2*
- Pebrianata, E., 2005. Pengaruh Pencampuran Kappa dan Iota Karaginan Terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karaginan Campuran. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Pereira, L., Ana M.A., Alan T.C., Fred V.D.V., Paulo J.A dan Ribeiro C. 2009. Identification of Selected Seaweed Polysaccharide (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Handbook Food Hydrocolloids*.
- Permadi, Y., Sedjati S. dan Supriyantini. 2012. Pengaruh Konsentrasi Abu Gosok dan Waktu Perendaman Air Terhadap Kandungan Nutrisi Tepung Buah Mangrove *Avicennia marina*. *Journal of Marine Research. Vol. 1 No.1*.

- Phillips, G.O., dan Williams P. A. 2001. Handbook of Hydrocolloids. CRC Press. ; Inggris.
- Prasetyowati, Corrine J.M dan Devy A. 2008. Pembuatan Tepung Karaginan dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan. *Jurnal Teknik Kimia Vol.15 No.2*.
- Purwanti, A., 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknik Kimia Vol. 6 No.2*.
- Rachmawati, A.K., 2009. Ekstraksi dan karakterisasi Pektin Cincau Hijau (*Premna oblongifolia*) untuk Pembuatan Edible Film. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Rahim, A., Alam N., Haryadi dan Santoso U. 2010. Pengaruh Konsentrasi Pati Aren dan Minyak Sawit Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edible Film. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Richana N dan Titi C.S. 2004. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen Vol.1 No.1*.
- 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.
- Rodriguez, M., Osés J., Ziani K dan Mete J.I. 2006. Combined Effect of Plastizers and Surfactants on the Physical Properties of Starch Based Edible Film. *Journal Food Research International Vol. 2 No.1*.
- Santoso, B., Filli, P., Basuni, H dan Rindit P. 2011. Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol. 2 No.2*.
- Santoso J, Yumiko Y dan Takeshi S. 2003. Mineral, Fatty Acid and Dietary Fiber. Compositions in Several Indonesian Seaweeds. *Jurnal Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia Vol.1 No.1*.
- Santoso, N., Siregar dan Farida. 2005. Manfaat Tanaman Mangrove *Avicennia marina*. *Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Mangrove*.
- Setiani, W., Sudiarti, T. dan Rahmidar, L., 2013. Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati. *Valensi Vol.3 No.2*.
- Sidi N.C., Esti W., Asri N. 2014. Pengaruh Penambahan Karaginan pada Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Fruit Leather Nanas (*Ananas comosus*) dan Wortel (*Daucus carota*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan Vol. 3 No. 4*.

- SNI, 2004. Film PVC untuk Kemasan Kembang Gula dari Edible film. *SNI-0182 Vol 1. No.6*
- Sudarmadji, S. B., Haryono dan Suhardi. 2003. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty : Yogyakarta.
- Tamaela, P. dan Lewerissa, S., 2007. Karakteristik Edible Film dari Karaginan. *Ichthyos Vol.7 No.1.*
- Trilaksani W, Bambang R dan Siti N.K.A. 2007. Karakteristik Edible Film Dari Konsentrat Protein Air Limbah Surimi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan Vol. 10 No.2.*
- 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.*
- Wenno, M.R., Johanna LT dan Cynthia G.S.L. 2012. Karakteristik Kappa Karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai Umur Panen. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Vol. 7 No. 1.*
- Wibowo, C., Kusmana C., Suryani A., Hartati Y dan Oktadiyani P. 2009. Pangan dan Obat.. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian.* Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Widyaningsih, S., Kartika, D. dan Nurhayati, Y.T., 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Jurnal Teknik Kimia Molekul Vol. 7 No.1.*
- Widyastuti, S., 2008. Kadar Karaginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Strain Maumere dan Tembalang pada Beberapa Umur Panen di Muluk Lombok Tengah. *Jurnal Agroteknologi Sosial Vol. 17 No.2,*
- Winarti, C., Miskiyah dan Widaningrum, 2012. Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Vol. 31 No.3.*
- Wirawan, S.K., Prasetya, A. dan Ernie, 2012. Pengaruh Plasticizer pada Karakteristik Edible Film dari Pektin. *Reaktor Vol.14 No.1.*
- Wittaya, T., 2013. Influence of Type and Concentration of Plasticizers on the Properties of Edible Film From Mung Bean Proteins. *Journal of Science and Technology Vol.13 No.1.*
- Yasita, D dan Intan D.R. 2010. Optimasi Proses Ekstraksi pada Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* untuk Mencapai Food Grade. *Skripsi.* Fakultas Teknik Universitas Diponegoro : Semarang.

Yulianti, R. dan Ginting, E. 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan Plasticizer. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol. 31 No. 2.*

Zhang, V. dan Han J.H. 2006. Plasticization of Pes Starch Film With Monosaccharide and Polyols. *Jurnal Food Science Vol. 71 No.6.*

