

**PENGARUH PERBEDAAN SUHU DAN LAMA PENGERINGAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN  
KAPPA DAN IOTA KARAGENAN**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI HASIL PERIKANAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN**

Oleh :

**RIZKA RIANDINI**

**NIM. 105080301111008**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**PENGARUH PERBEDAAN SUHU DAN LAMA PENGERINGAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN  
KAPPA DAN IOTA KARAGENAN**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI HASIL PERIKANAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN**

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

**Oleh :**

**RIZKA RIANDINI**

**NIM. 105080301111008**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

SKRIPSI

PENGARUH PERBEDAAN SUHU DAN LAMA PENGERINGAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN  
KAPPA DAN IOTA KARAGENAN

Oleh :

RIZKA RIANDINI  
NIM. 105080301111008

Telah dipertahankan di depan penguji  
Pada tanggal 23 Desember 2014  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
SK Dekan No. :  
Tanggal :

DosenPenguji I

Dr. Ir. Hartati K, M.S  
NIP. 19640726 198903 2 004  
Tanggal :

Dosen Penguji II

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

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

Mengetahui,  
Ketua Jurusan

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

## PERNYATAAN ORISINALITAS

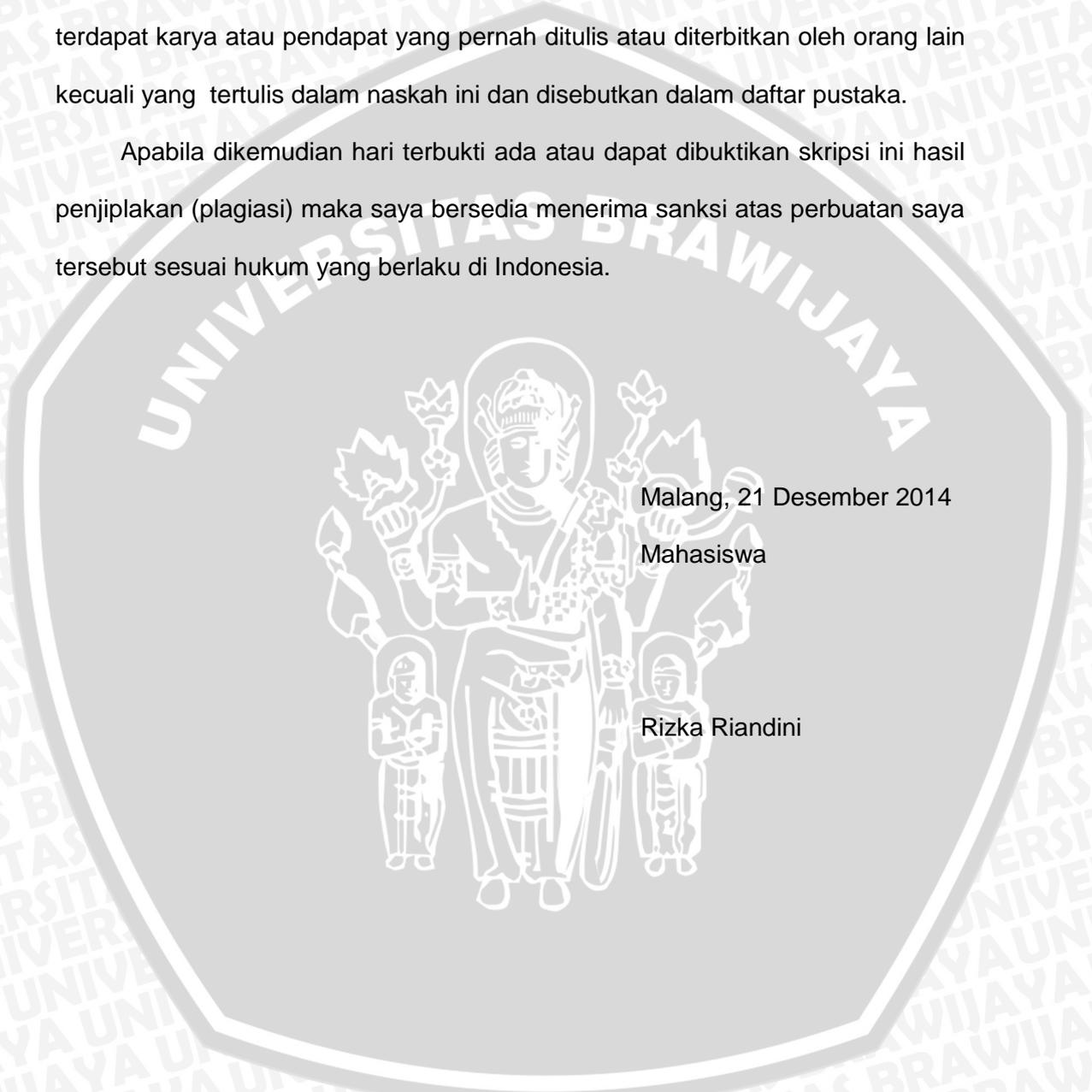
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi saya ini adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 21 Desember 2014

Mahasiswa

Rizka Riandini



## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang Maha Kuasa, sehingga mempermudah saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua saya dan saudara-saudara kandung saya yang senantiasa memberi motivasi dan segala dukungan moril maupun spiritual.
3. Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes dan Dr. Ir. Happy Nursyam, M.S selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi arahan, juga memotivasi saya.
4. Dr. Ir. Firdaus M.P dan Dr. Ir. Hartati Kartikaningsih, M.S selaku dosen penguji atas saran dan kritik yang telah diberikan kepada saya.
5. Sahabat-sahabatku tersayang Putri Yurida Sari, Dyanta Putri, Dewanti Budy, Nandya Fitri, Anita Khusnul K, Aryani Prihastuti, Elisa Fitria, Ayu Ernawati dan Achmad Nizar atas dukungan dan waktunya dalam menemaniku menyelesaikan skripsi ini.
6. Some one spesial Angga Yudha Damara yang terpisah jarak, namun tetap ada dalam hal dukungan moril dan spiritual.
7. Teman-teman THP 2010 yang senantiasa membantu dalam hal apapun.
8. Dan seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Malang, 21 Desember 2014

Penulis

## RINGKASAN

**RIZKA RIANDINI** Pengaruh Perbedaan Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Campuran Kappa dan Iota Karaginan (di bawah bimbingan **Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes** dan **Dr. Ir. Happy Nursyam, M.S**)

---

Rumput laut merupakan salah satu sumberdaya hayati yang berasal dari laut memiliki potensi yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Rumput laut mengandung senyawa hidrokoloid seperti karaginan. Karaginan adalah getah rumput laut dari spesies tertentu kelas alga merah (*rhodophyceae*) yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali yang dilanjutkan dengan pemisahan karaginan dan pelarutnya.

Penggunaan karaginan semakin meluas dan permintaan terhadapnya semakin meningkat, karena telah menjadi bahan utama untuk memperbaiki tekstur di industri makanan. Karaginan juga dapat digunakan sebagai bahan pelapis makanan atau bahan *edible film*.

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

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan *edible film* seperti jenis bahan, plasticizer dan perlakuan panas. Perlakuan panas dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti selama pengadukan atau pemanasan dilakukan pada *film* yang terbentuk. Pengeringan merupakan pindah panas dan massa yang simultan selama pembentukan film. Suhu pengeringan sebaiknya berada dibawah suhu *melting*, sehingga pada penelitian ini suhu pengeringan *edible film* yang digunakan adalah 50°C dan 60°C.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh waktu dan suhu pengeringan yang berbeda untuk *edible film* dari campuran kappa dan iota karaginan.

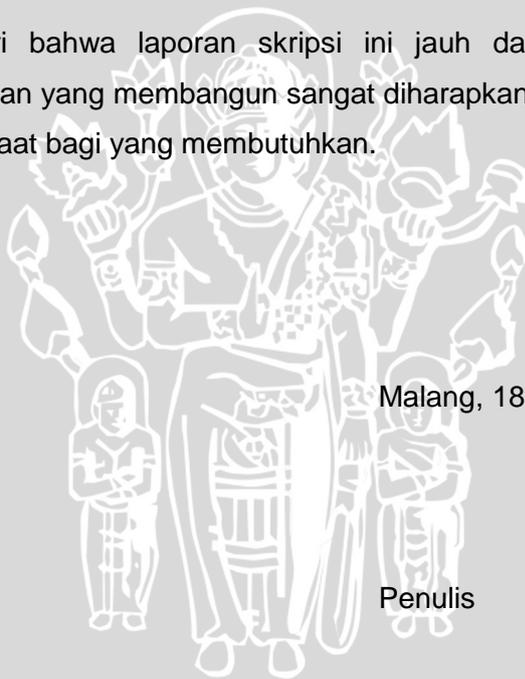
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan bagian dari metode kuantitatif, dan memiliki ciri khas tersendiri terutama dengan adanya kelompok kontrol. Pada penelitian ini menggunakan metode yang terbagi menjadi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

Hasil dari penelitian ini adalah bahwa suhu dan lama pengeringan memberikan pengaruh terhadap beberapa karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan diantaranya % kadar air, ketebalan, kuat tarik dan perpanjangan. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan *edible film* terpilih pada penelitian ini adalah berdasarkan nilai kadar air dan ketebalan. Perlakuan terpilih diperoleh edible film dengan perlakuan A2B4 yaitu edible dengan suhu pengeringan 60°C dan lama pengeringan 30 jam, dengan karakteristik nilai kadar air sebesar 23,95%, nilai ketebalan sebesar 33,82 µm, nilai perpanjangan (*elongation*) sebesar 6,65%, kuat tarik (*tensile strength*) sebesar 7,57 Nmm, dan transmisi uap air sebesar 6,42 g/m<sup>2</sup>.24 jam.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan rasa syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan ridho-Nya telah memberi kekuatan, kesehatan, kesempatan, dan kemampuan dalam Laporan Skripsi dengan judul “Pengaruh Perbedaan Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Campuran Kappa dan Iota Karagenan”. Pada laporan ini berisi pokok-pokok bahasan yang meliputi pendahuluan pada bab 1, tinjauan pustaka pada bab 2, metodologi penelitian pada bab 3, hasil dan pembahasan pada bab 4, serta kesimpulan dan saran pada bab 5. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menambah informasi dan bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Malang, 18 Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis .....	3
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian.....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Rumput Laut.....	4
2.1.1 <i>Eucheuma cottonii</i> .....	5
2.1.2 <i>Eusheuma spinosum</i> .....	6
2.2 Karaginan.....	8
2.2.1 Kappa Karaginan.....	9
2.2.3 Iota Karaginan .....	10
2.3 Sifat Karaginan .....	11
2.4 <i>Edible Film</i> .....	12
2.5 Pembentukan <i>Edible Film</i> .....	13
2.6 Sifat Kimia dan Fisik <i>Edible Film</i> .....	14
2.7 Pengeringan .....	16
2.7.1 Prinsip Dasar Pengeringan.....	17
2.7.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengeringan.....	18
2.7.3 Mekanisme Pengeringan .....	19
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian .....	21
3.1.1 Bahan.....	21
3.1.2 Alat.....	21
3.2 Metode Penelitian .....	22
3.2.1 Penelitian Pendahuluan.....	22
3.2.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan .....	24
3.2.2 Penelitian Utama.....	25
3.2.2.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan .....	26
3.2.2.2 Prosedur Penelitian Utama .....	27
3.2.2.3 Parameter Uji.....	27
3.2.2.3.1 Renggang Putus dan Perpanjangan.....	27
3.2.2.3.2 Ketebalan.....	28
3.2.2.3.3 Transmisi Uap Air.....	28
3.2.2.3.4 Kadar Air .....	28

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Penelitian Tahap Pertama (Pendahuluan).....	30
4.1.1 Karakteristik Bahan .....	30
4.1.2 Hasil Penelitian Pendahuluan .....	30
4.1.3 Penentuan Perlakuan Terpilih.....	32
4.2 Penelitian Utama.....	33
4.2.1 Karakteristik Edible Film .....	33
4.2.1.1 Kadar Air .....	33
4.2.1.2 Ketebalan .....	35
4.2.1.3 Transmisi Uap Air .....	37
4.2.1.4 Perpanjangan ( <i>Elongation</i> ) .....	38
4.2.1.5 Kuat Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) .....	40
4.3 Penentuan Perlakuan Terpilih .....	41

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran .....	44

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>
----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>
----------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. <i>Eucheuma cottonii</i> .....	6
2. <i>Eucheuma spinosum</i> .....	7
3. Struktur Kimia Kappa Karagenan .....	10
4. Struktur Kimia Iota Karagenan .....	11
5. Kurva Pengeringan Terhadap Waktu .....	20
6. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Kadar Air .....	34
7. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Ketebalan .....	36
8. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Transmisi Uap Air .....	37
9. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Perpanjangan .....	39
10. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai <i>Tensile strength</i> .....	40



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia <i>E.Cottonii</i> .....	5
2. Komposisi Senyawa Organik dari Rumput Laut <i>E.spinsum</i> .....	8
3. Analisis Kimia Produk Karaginan .....	9
4. Denah Rancangan Penelitian Pendahuluan.....	23
5. Denah Rancangan Percobaan Penelitian Utama .....	26
6. Hasil Penelitian Pendahuluan .....	31
7. Hasil Penelitian Utama.....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Kappa Karaginan Metode Gel Press .....	48
2. Pembuatan Iota Karaginan Metode PNG .....	49
3. Prosedur Penelitian Pendahuluan .....	50
4. Prosedur Penelitian Utama .....	51
5. Analisis Ragam (ANOVA) <i>Tensile Strength</i> Edible Film Pada Penelitian Pendahuluan .....	52
6. Analisis Ragam (ANOVA) <i>Elongasi</i> Edible Film Pada Penelitian Pendahuluan .....	55
7. Analisis Ragam (ANOVA) Transmisi Uap Air Edible Film Pada Penelitian Pendahuluan .....	58
8. Analisis Ragam (ANOVA) Ketebalan Edible Film Pada Penelitian Pendahuluan .....	62
9. Perhitungan Analisis Ragam Kadar Air Penelitian Utama .....	64
10. Perhitungan Analisis Ragam Ketebalan Penelitian Utama .....	66
11. Perhitungan Analisis Ragam Transmisi Uap Air Penelitian Utama .....	68
12. Perhitungan Analisis Ragam Perpanjangan Pada Penelitian Utama .....	70
13. Perhitungan Analisis Ragam Kuat Tarik Penelitian Utama .....	72
14. Dokumentasi Pembuatan Kappa karaginan .....	74
15. Dokumentasi pembuatan Iota karaginan .....	76
16. Dokumentasi pembuatan <i>edible film</i> .....	78
17. Dokumentasi uji mekanik .....	79
18. Dokumentasi uji transmisi uap air .....	80
19. Dokumentasi uji kadar air .....	81

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumput laut merupakan salah satu sumberdaya hayati yang berasal dari laut memiliki potensi yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Saat ini sudah banyak produk makanan maupun non pangan yang berbahan baku olahan rumput laut, banyak kandungan gizi yang terkandung di dalamnya. Rumput laut juga mengandung senyawa hidrokoloid seperti karaginan. Karaginan adalah getah rumput laut dari spesies tertentu kelas alga merah (*rhodophyceae*) yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali yang dilanjutkan dengan pemisahan karaginan dan pelarutnya.

Sumber karaginan untuk daerah tropis adalah dari spesies *Kappaphycus alvarezii* yang menghasilkan kappa karaginan. *Eucheuma spinosum* yang menghasilkan iota karaginan. Kedua jenis rumput laut ini banyak terdapat di sepanjang pantai Filipina dan Indonesia (Ulfah, 2009). Penggunaan karaginan semakin meluas dan permintaan terhadapnya semakin meningkat. Karena telah menjadi bahan utama untuk memperbaiki tekstur di industri makanan (Distantina *et al.*, 2009). Karaginan juga dapat digunakan sebagai bahan pelapis makanan atau bahan *edible film* (Handito, 2011).

Edible film merupakan jenis bahan yang digunakan untuk melapisi atau membungkus makanan yang bertujuan memperpanjang masa simpan produk dan dapat dimakan bersama dengan makanan tersebut (Embuscado and Huber, 2009). Menurut Krochta (1992), Komponen yang dapat digunakan untuk pembuatan pelapis edible dapat terdiri dari tiga kategori yaitu hidrokoloid, lipid dan kombinasinya.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan *edible film* seperti jenis bahan, plasticizer dan perlakuan panas. Namun penelitian tentang pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik *edible film* yang berbahan baku campuran kappa dan iota karaginan masih belum ada. Menurut Sudaryati *et al.*, (2010), perlakuan panas dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti selama pengadukan atau pemanasan dilakukan pada *film* yang terbentuk. Pengeringan merupakan pindah panas dan massa yang simultan selama pembentukan film. Pada penelitian yang dilakukan Sudaryati *et al.*, (2010), menunjukkan bahwa peningkatan lama pengeringan menyebabkan penurunan transmisi uap air, oksigen, kadar air, elongasi, dan ketebalan lapisan film. Penelitian dari Putra (2014), menunjukkan perlakuan suhu pengeringan pada *edible film* dari pati tapioka memberikan pengaruh yang nyata terhadap transmisi uap air, *Tensile strength* dan ketebalan.

Pada hasil penelitian Afif menyatakan bahwa suhu *melting* dari *edible film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan adalah sebesar 64,58°C. Sedangkan menurut Febrinata (2005), karaginan akan membentuk gel yang keras pada suhu antara 45°C dan 65°C dan meleleh kembali (*melting point*) jika dinaikkan sampai 10-20°C dari suhu *gelling* tersebut. Suhu pengeringan sebaiknya berada dibawah suhu *melting*, sehingga pada penelitian ini suhu pengeringan *edible film* yang digunakan adalah 50°C dan 60°C.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh waktu dan suhu pengeringan yang berbeda untuk *edible film* dari campuran kappa dan iota karaginan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian di atas maka didapatkan masalah sebagai berikut :

1. Apakah suhu dan lama pengeringan mempengaruhi karakteristik *edible film* dari campuran kappa dan iota karaginan ?
2. Berapa suhu dan waktu pengeringan yang dapat menghasilkan *edible film* dengan karakteristik terbaik ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama dan suhu pengeringan yang berbeda terhadap karakteristik *edible film* dari campuran kappa dan iota karaginan.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah :

Ho : Diduga perlakuan suhu dan lama pengeringan yang berbeda tidak memiliki pengaruh terhadap karakteristik fisik *edible film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan.

H<sub>1</sub> : Diduga perlakuan suhu dan lama pengeringan yang berbeda memiliki pengaruh terhadap karakteristik fisik *edible film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan.

## 1.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perekayasa Hasil Perikanan dan Laboratorium Nutrisi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Sumberdaya Ilmu Hayati (LSIH), Laboratorium Material Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Kimia Institut Teknologi Negeri Malang, pada bulan Februari – Juni 2014.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut

Rumput laut atau alga laut (*sea weed*) merupakan salah satu komoditas perikanan penting di Indonesia. Produksi rumput laut Indonesia berasal dari pengambilan di laut dan pembudidayaan, baik di laut maupun tambak. Disamping potensi lahan (daerah pasang surut dan tambak) yang luas, kebutuhan rumput laut yang terus menunjukkan peningkatan, baik pasar kosmetik maupun pasar dunia, merupakan prospek bagi pengembangan rumput laut di Indonesia (Ghufran, 2011).

Rumput laut dapat digunakan langsung sebagai bahan makanan, berbagai hasil olahan rumput laut seperti agar-agar, karaginan dan alginat merupakan senyawa yang cukup penting dalam industri. Rumput laut yang cukup potensial dan banyak di perairan Indonesia yaitu *Eucheuma sp.* yang dapat menghasilkan karaginan dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai kegunaan antara lain sebagai *stabilizer*, *thickner*, pembentuk gel, dan pengemulsi yang mempunyai nilai jual tinggi (Prasetyawati, 2008).

Rumput laut (*sea weeds*) atau yang biasa juga disebut ganggang (*algae*) merupakan tumbuhan berklorofil dimana seluruh bagian tanaman dapat menyerupai akar, batang, daun atau buah semuanya disebut talus. Jenis rumput laut yang potensial dan banyak dijumpai di perairan Indonesia adalah *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* yang dapat menghasilkan karaginan (Hudha, 2012).

Sebagai sumber gizi, rumput laut memiliki kandungan karbohidrat, protein, sedikit lemak dan sebagian besar merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Selain itu, rumput laut juga mengandung berbagai jenis vitamin, seperti

vitamin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> betakaroten dan C, serta mineral seperti kalsium, fosfor, besi dan yodium, senyawa metabolit sekunder seperti steroid, substansi bioaktif antimikroba dan antikanker (Kasim, 2013).

### 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). Komposisi kimia rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Tabel

1.

**Tabel 1. Komposisi Kimia *Eucheuma cottonii***

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

Sumber : Ulfah (2009).

Klasifikasi dari *Kappaphycus alvarezii* atau *Eucheuma cottonii* menurut

Cholik (2005), adalah sebagai berikut :

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



**Gambar 1. *Eucheuma Cottoni***  
**Sumber : Laboratorium FPIK Universitas Brawijaya**

Menurut Cholik (2005), ciri- ciri *Eucheuma cottonii* atau *E. alvarezii* yaitu thallus berbentuk silinder, permukaan licin, kenyal, bewarna hijau, kuning, abu-abu atau merah dan berduri, thallus bercabang ke berbagai arah dengan cabang-cabang utama terpusat di daerah pangkal, dan tumbuh melekat pada substrat alat cakram.

### **2.1.2 *Eucheuma spinosum***

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

Phylum	: Hallophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Familia	: Solieriaceae
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Spesies	: <i>Eucheuma spinosum</i>



**Gambar 2. *Eucheuma spinosum***  
**Sumber : Laboratorium FPIK Universitas Brawijaya**

*Eucheuma spinosum* merupakan salah satu jenis rumput laut yang potensial dan banyak dijumpai pada perairan Indonesia. Rumput laut ini termasuk jenis alga merah yang dapat menghasilkan karaginan (Hudha, 2012). Sedangkan menurut Ulfah (2009), *Eucheuma spinosum* dikenal dengan nama ilmiah *Eucheuma muricatum* dan *Eucheuma denticatum* merupakan penghasil utama iota karaginan. Ciri fisik *Eucheuma spinosum* mempunyai bentuk thalus bulat tegak, dengan ukuran panjang 5-30 cm, transparan, warna coklat kekuningan sampai merah kekuningan. Permukaan thallus tertutup oleh tonjolan yang berbentuk seperti duri-duri runcing yang tidak beraturan, duri tersebut ada yang memanjang seolah berbentuk seperti cabang. Komposisi senyawa organik dari rumput laut *Eucheuma spinosum* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi Senyawa Organik dari Rumput Laut *Eucheuma spinosum***

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

## 2.2 Karaginan

Karaginan adalah polimer yang larut dalam air dengan rantai linier dari sebagian galaktan sulfat, yang berpotensi tinggi sebagai bahan pembentuk film. Sulfat polisakarida ini yang diambil dari dinding sel rumput laut merah (*rhodophyceae*), setiap jenis rumput laut akan menghasilkan karaginan yang berbeda (Skurtys, 2014). Menurut Distantina (2010), Karaginan adalah polisakarida yang diekstraksi dari beberapa spesies rumput laut atau alga merah (*rhodophyceae*). Karaginan adalah galaktan tersulfatasi linear hidrofilik. Polimer ini merupakan pengulangan unit sakarida. Tiga jenis karagenan komersial yang paling penting adalah karagenan iota, kappa, dan lambda. Menurut Kasim (2013), berdasarkan struktur molekul dan posisi ion sulfatnya, karaginan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu iota-karaginan (28-35%), kappa-karaginan (25-30%) dan lambda-karaginan (32-39%) yang memiliki struktur dan bentuk yang jelas.

Penggunaan karaginan semakin meluas dan permintaan terhadapnya semakin meningkat. Karaginan telah menjadi bahan utama untuk memperbaiki

tekstur di industri makanan. Karaginan sangat penting sebagai stabilisator makanan, bahan pengental, pembentuk gel, pengemulsi, dan banyak dimanfaatkan antara lain dalam industri makanan, obat-obatan, kapsul, kosmetik, sabun, media kultur bakteri, tekstil, cat, pasta gigi dan lain-lain (Distantina, 2009).

Analisis kimia produk karaginan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Analisis Kimia Produk Karaginan**

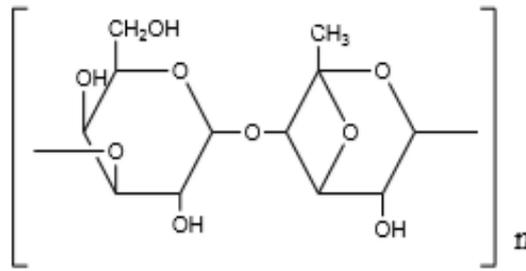
Parameter	Nilai (%)
Kadar air	Max. 20
Kadar abu	Max. 4
Kadar lemak	-
Kadar sulfat	Max. 30
Kadar protein	-

Sumber : Hudha (2012)

Karaginan merupakan hidrokoloid yang potensial untuk dibuat *edible film*, karena sifatnya yang kaku dan elastis, dapat dimakan dan dapat diperbarui. Selain itu karaginan merupakan polisakarida non kalori yang sering disebut dietary fibre (serat makanan) yang sangat baik untuk pencernaan karena kandungan serat kasarnya yang cukup tinggi (Suryaningrum, 2005).

### 2.2.2 Kappa Karaginan

Kappa-karaginan dihasilkan dari rumput laut jenis *Euचेuma cottonii* (Kasim, 2013). Kappa karaginan tersusun dari unit D-galaktosa-4-sulfat dengan ikatan beta 1,3 dan unit 3,6- anhidro-D-galaktosa dengan alfa 1,4. Disamping itu karaginan sering mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Kappa karaginan terbentuk sebagai hasil aktivitas enzim dekinase yang mengkatalis mu-karagenan menjadi kappa karagenan dengan cara menghilangkan atom C<sub>6</sub> pada ikatan 1,4 pada ikatan 1,4 galaktosa-6-sulfat (Ulfah, 2009). Struktur kappa karagenan dapat dilihat pada Gambar 4.



Kappa karaginan

**Gambar 3. Struktur Kimia Kappa Karaginan**

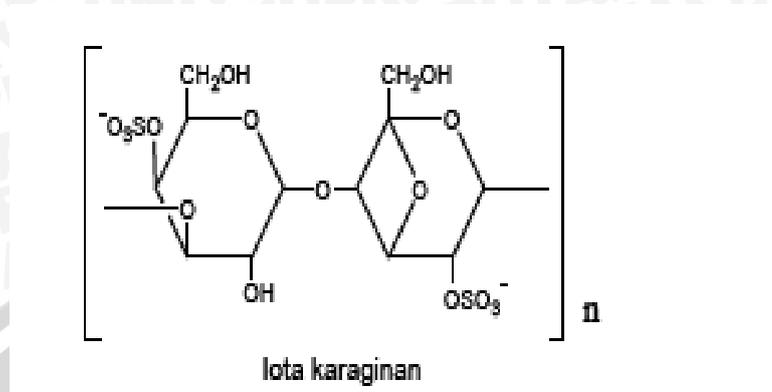
Menurut Winarno (1996), adanya gugusan 6-sulfat pada kappa karaginan dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeliminasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan terbentuknya 3,6 anhydro- D galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah.

Kappa karaginan jika dimasukkan ke dalam air dingin akan membesar membentuk sebaran kasar yang memerlukan pemanasan sampai 70 °C untuk melarutkannya. Suhu pembentukan gel dan kualitas gel dipengaruhi oleh konsentrasi, jumlah dan adanya ion-ion logam seperti K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Sr<sup>++</sup> dan Ba<sup>++</sup>. Secara umum karagenan membentuk gel yang keras pada suhu antar 45 °C dan 65 °C dan melelehkan kembali jika suhu dinaikkan 10-20 °C dari suhu yang telah ditetapkan (Febrinata, 2005).

### 2.2.3 Iota Karaginan

Iota karaginan merupakan jenis karaginan dengan kandungan sulfat berbeda di antara lambda 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 nukaragenan sehingga terbentuk 3,6-anhidro-D-galaktosa yang selanjutnya menjadi

iota karaginan (Ulfah, 2009). Struktur iota karaginan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Struktur Kimia Iota Karaginan**

Menurut Winarno (1996), gugusan 2-sulfat ester tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti halnya kappa karagenan. Iota karagenan sering mengandung beberapa gugusan 6-sulfat ester yang menyebabkan kurangnya keseragaman molekul yang dapat dihilangkan dengan pemberian alkali.

Iota karaginan mempunyai sifat larut dalam air dingin dan larutan garam natrium. Di dalam larutan garam kation lain seperti  $K^+$  dan  $Ca^{2+}$  tidak dapat larut dan hanya menunjukkan pengembangan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis dan konsentrasi kation, densitas karagenan, suhu, PH, adanya ion penghambat dan yang lainnya. Larutan iota karagenan stabil pada lingkungan lektrolit kuat seperti NaCl 20-25% (Febrinata, 2005).

### 2.3 Sifat Karaginan

Sifat-sifat yang dimiliki karaginan antara lain: kelarutan, PH, stabilitas, viskositas, pembentukan gel dan raktifitas dengan protein. Sifat-sifat tersebut sangat dipengaruhi oleh adanya unit bermuatan (ester sulfat) dan penyusun dalam polimer karaginan. Karaginan biasanya mengandung unsur berupa garam

sodium dan kalium yang juga berfungsi untuk menentukan sifat-sifat karaginan (Ulfah, 2009).

Sifat-sifat karaginan ketika diekstraksi dari rumput laut akan bewarna kuning kecoklatan hingga putih, berbentuk serbuk dengan sedikit berbau dan tidak berasa. Di pasaran, karaginan dikenal sebagai tepung bewarna kekuningan, mudah larut dalam air, membentuk larutan kental atau gel. Derajat kekentalan karaginan dipengaruhi oleh konsentrasi dan molekul lain yang larut. Kekentalan karaginan akan berkurang dengan cepat, seiring dengan meningkatnya waktu (Kasim, 2013).

Kappa karaginan lebih sensitif terhadap ion-ion kalium, sedangkan iota karaginan lebih sensitif terhadap ion-ion kalsium. Larutan kappa karaginan dan iota karaginan dapat diendapkan dengan kalium klorida. Hal ini membuktikan bahwa ikatan glikosidik dalam kappa karaginan dan iota karaginan memungkinkan penggabungan rantai molekul menjadi heliks ganda yang terbentuk pada saat pendinginan larutan (Rasyid, 2003).

#### **2.4 Edible Film**

*Edible film* merupakan suatu lapisan tipis dan dapat dimakan serta dibentuk untuk melapisi makanan (coating) atau diletakkan diantara komponen makanan (film) berfungsi sebagai penghalang terhadap perpindahan massa (kelembapan, oksigen, cahaya, lipid, zat terlarut) atau sebagai zat aditif serta untuk meningkatkan penanganan pada makanan (Krochta, 1992).

Menurut Kusumawati *et al.*, (2013) edible film merupakan salah satu bahan pengemas pangan yang layak dikonsumsi dan dapat terdegradasi oleh alam secara biologis. Selain bersifat biodegradable, edible film dapat dipadukan dengan komponen tertentu yang dapat menambah nilai fungsional dari kemasan itu sendiri.

*Edible film* dapat didefinisikan sebagai lapisan tipis yang dapat dikonsumsi, dilapisi pada makanan atau berfungsi sebagai penghalang antara makanan dengan lingkungan sekitarnya. Selama 10 tahun terakhir, penelitian tentang film dan coating dalam makanan telah dilakukan oleh para teknisi pangan karena didorong oleh tingginya permintaan dari konsumen untuk memperpanjang masa simpan dan kualitas makanan yang lebih baik serta menghasilkan kemasan yang ramah lingkungan. Secara mekanis film dapat melindungi makanan, mencegah kontaminasi dari mikroorganisme, mencegah turunnya kualitas makanan karena perpindahan massa (misalnya kelembapan, gas, rasa, dll) (Skurtys,2014).

*Edible film* merupakan suatu lapisan tipis, terbuat dari bahan yang bersifat hidrofilik dari protein maupun karbohidrat serta lemak atau campurannya. *Edible film* dapat menjadi barier terhadap oksigen, mengurangi penguapan air dan memperbaiki penampilan produk (Suryaningrum, 2005).

Fungsi dan penampilan *edible film* bergantung pada sifat mekaniknya yang ditentukan oleh komposisi bahan disamping proses pembuatan dan metode aplikasinya. Bahan polimer penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kategori yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit keduanya (Yulianti, 2012).

## 2.5 Pembentukan Edible Film

Pembentukan *edible film* melalui 3 tahapan yaitu pembentukan emulsi, casting atau pencetakan bahan emulsi ke permukaan cetakan yang mempunyai permukaan datar dan licin, kemudian pengeringan. Suhu pengeringan memberi pengaruh terhadap kualitas *edible film* meliputi persen kadar air, ketebalan, persen perpanjangan dan kuat tarik *edible film* (Sari *et al.*, 2008).

Karakteristik biofilm karaginan yang dihasilkan tergantung pada berbagai faktor, antara lain sifat-sifat dan jenis karaginan, plasticizer yang digunakan dan

jenis bahan campuran. Sifat-sifat karaginan sangat dipengaruhi oleh proses ekstraksinya sebagai titik kritis (Herliany *et al.*, 2013).

Perlakuan suhu dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti selama pengadukan, atau suhu pemanasan yang dilakukan pada film yang terbentuk. Pemanasan tersebut mempengaruhi sifat film yang terbentuk. Pengeringan merupakan pindah panas dan massa yang simultan selama pembentukan film (Sudaryati, 2010). Dan menurut Alcantra *et al.* (2009) kondisi pengeringan merupakan faktor penting yang menentukan kemampuan *edible film* untuk digunakan sebagai kemasan produk pangan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa beberapa faktor mempengaruhi pembentukan *edible film* seperti pH, perlakuan panas. Perlakuan panas dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti selama pengadukan atau pemanasan dilakukan pada film yang terbentuk. Pemanasan tersebut mempengaruhi sifat film yang terbentuk. Pengeringan merupakan pindah panas dan massa yang simultan selama pembentukan film (Sudaryati *et al.*, 2010).

## 2.6 Sifat Kimia dan Fisik Edible Film

Sifat kimia *edible film* meliputi nilai kadar air dan nilai transmisi uap air yang terkandung dalam *edible film* tersebut. Sifat fisik film meliputi sifat mekanik dan penghambatan. Sifat mekanik menunjukkan kemampuan kekuatan film dalam menahan kerusakan bahan selama pengolahan, sedangkan sifat penghambatan menunjukkan kemampuan film melindungi produk yang dikemas dengan menggunakan film tersebut (Rachmawati, 2009).

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan (elongation), dan kekuatan perenggangan (*tensile strength*) (Yulianti, 2012). Sedangkan menurut Sudaryati (2010), karakteristik *edible film* dilihat dari nilai kadar air, laju transmisi oksigen maupun air.

a. Ketebalan

Ketebalan sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik *edible film*, seperti *tensile strength*, elongasi, dan laju transmisi uap air. Faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan *edible film* adalah konsentrasi padatan yang terlarut dan ukuran plat pencetak. Ketebalan film akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil (Rahmawati, 2009). Menurut Putra (2014), Selain itu ketebalan juga dipengaruhi oleh suhu pengeringan, peningkatan suhu pengeringan *edible film* juga menyebabkan peningkatan ketebalan *edible film*. Sedangkan menurut Suryaningrum (2005), dalam penggunaannya ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya.

b. Kadar Air

Kadar air *edible film* mempengaruhi masa simpan *edible film* sebagai pengemas yang dapat melindungi produk yang dikemasnya. Menurut Kusnandar (2010), air dalam pangan berperan dalam memengaruhi tingkat kesegaran, stabilitas, keawetan dan kemudahan reaksi-reaksi kimia, aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba. Pada penelitian yang dilakukan Sudaryati (2010), lama pengeringan *edible film* dapat mempengaruhi kadar air *edible film*. Lama pengeringan akan menguapkan kandungan air *edible film*.

c. Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang melalui suatu permukaan persatuan luas atau slope jumlah air dibagi luas area. Film hidrofilik umumnya memperlihatkan hubungan-hubungan positif antara ketebalan dan permeabilitas uap air (Krisna, 2011). Menurut Putra (2010), nilai transmisi uap air dipengaruhi oleh suhu pengeringan *edible film*. Hal itu dikarenakan jumlah air dalam *edible film* dapat menyebabkan perubahan struktur rongga atau pori-pori granula pati. Apabila rongga atau pori-pori kosong akan menyebabkan mudahnya uap air melewati pori-pori sehingga nilai transmisi uap air menjadi turun,

d. Pemanjangan dan Kuat tarik

Pemanjangan didefinisikan sebagai presentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus (Kotimah, 2006).

Menurut Handito (2011), kekuatan renggang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus atau robek. Pengukuran kekuatan renggang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang.

Menurut Sudaryati *et al.*, (2010), nilai perpanjangan dan kuat tarik dipengaruhi oleh nilai kadar air *edible film*. Penurunan kadar air menyebabkan elongasi atau perpanjangan menjadi turun. Kadar air tersebut dipengaruhi oleh kondisi pengeringan, semakin lama pengeringan *edible film* menyebabkan bertambah kecil jarak intermolekuler rantai polimer yang terikat sehingga elastisitas semakin turun.

## 2.7 Pengeringan

Dasar pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Tujuan dilakukan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas perkembangan mikroorganisme dengan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau bahkan berhenti sama sekali. Dengan demikian, bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan lebih lama (Adwyah, 2006).

Pengeringan adalah penguapan air dari bahan yang merupakan suatu proses perpindahan panas dan perpindahan massa yang terjadi secara serempak, dimana media panas digunakan untuk menguapkan air dari permukaan bahan ke media pengering berupa udara. Laju pengeringan ini terjadi karena adanya

perbedaan tekanan uap dipermukaan bahan dengan tekanan uap di udara pengering (Rahayoe, 2008).

Pengeringan melibatkan proses pelepasan air dari sel-sel bahan yang dikeringkan. Proses penguapan air dari permukaan bahan ke udara memerlukan panas, yaitu panas penguapan yang menukarkan sejumlah air menjadi uap pada suhu dan tekanan tertentu. Udara yang mengandung uap air harus dialirkan keluar untuk dipindahkan ke tempat lain (Rosdanelli, 2004).

Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisma dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukkan menjadi terhambat atau terhenti. Sehingga bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan lebih lama (Taufiq, 2004).

### **2.7.1 Prinsip Dasar Pengeringan**

Menurut Irawan (2011), Prinsip dari proses pengeringan secara umum berhubungan dengan proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi bersamaan (simultan). Proses pindah panas yang terjadi adalah dengan cara konveksi, konduksi serta perpindahan panas secara radiasi tetap terjadi dalam jumlah yang relative kecil. Pertama panas harus ditransfer dari medium pemanas ke bahan. Selanjutnya setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan ke medium sekitarnya. Lama proses pengeringan bergantung pada bahan yang dikeringkan dan cara pemanasan yang digunakan, sedangkan waktu proses pengeringannya diterapkan dalam dua periode, yaitu :

1. Periode Pengeringan dengan Laju Tetap (*Constant Rate Periode*)

Pada periode ini bahan-bahan yang dikeringkan memiliki kecepatan pengeringan yang konstan. Proses penguapan pada periode ini terjadi pada air terikat, dimana suhu pada bahan sama dengan suhu udara pengering. Periode pengeringan dengan laju tetap dapat dianggap sebagai keadaan steady.

## 2. Periode Pengeringan dengan Laju Menurun (*Falling Rate Periode*)

Periode kedua dalam proses pengeringan yang terjadi adalah turunnya laju pengeringan. Pada periode ini terjadi peristiwa penguapan kandungan di dalam bahan yang dikeringkan (internal moisture).

### 2.7.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang akan dikeringkan. Faktor-faktor yang termasuk golongan pertama adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering dan kelembapan udara. Faktor-faktor yang termasuk golongan kedua adalah ukuran bahan, kadar air awal dan tekanan parsial di dalam bahan (Taufiq, 2004).

Menurut Irawan (2011), Proses pengeringan suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

#### a. Luas permukaan

Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau dihaluskan terlebih dahulu. Hal ini karena pemotongan atau penghalusan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas akan mempermudah hubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar dari bahan. Selain itu, partikel-partikel kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan. Potongan yang kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut.

b. Perbedaan Suhu dan Udara Sekitarnya

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan, makin cepat pemindahan panas ke dalam bahan dan makin cepat juga penghilangan air dari bahan.

c. Kecepatan Aliran Udara

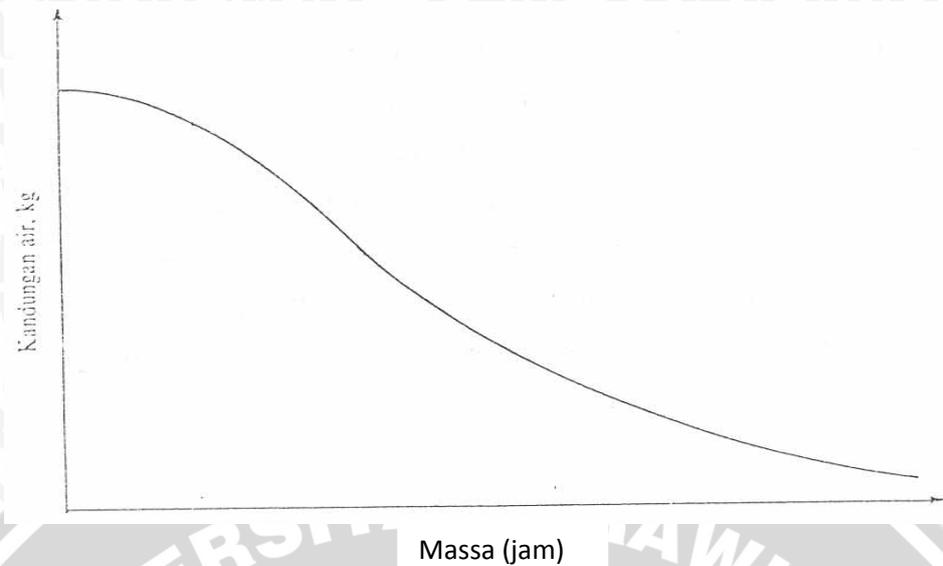
Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air dari permukaan bahan panganan. Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik, maka proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

d. Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara juga semakin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tertampung dan disingkirkan dari bahan.

### 2.7.3 Mekanisme Pengeringan

Menurut Rosdanelli (2012), Pada proses pengeringan berlaku dua proses, yaitu pada permulaan proses air dipermukaan bahan akan diuapkan, kemudian barulah berlaku proses pemindahan air dari bagian dalam bahan ke permukaannya. Semakin lama semakin sedikit air yang diuapkan. Proses ini berlangsung sampai air terikat saja yang tinggal di dalam bahan tersebut. Proses pengeringan terhadap waktu dapat digambarkan dengan menggunakan kurva pengeringan seperti pada Gambar 5.



**Gambar 5. Kurva Pengeringan Terhadap Waktu**

Menurut Irawan (2011), setiap bahan yang akan dikeringkan memiliki karakteristik kinetika pengeringan berbeda-beda tergantung pada struktur internal dari bahan yang akan dikeringkan. Kinetika pengeringan memperlihatkan perubahan kandungan air yang terdapat dalam bahan untuk setiap waktu saat dilakukan proses pengeringan. Parameter-parameter dalam proses pengeringan yang diperhatikan antara lain :

1. Moisture Content ( $X$ ) menunjukkan kandungan air yang terdapat dalam material untuk tiap satuan masa padatan. Moisture content ( $X$ ) dibagi dalam 2 macam yaitu basis kering ( $X$ ) yang menunjukkan rasio antara kandungan air (kg) dalam bahan terhadap berat kering (kg) dan basis basah ( $X'$ ) yaitu menunjukkan rasio antara kandungan air (kg) dalam bahan terhadap berat bahan basah (kg).
2. Laju Pengeringan (*Drying Rate*) menunjukkan laju penguapan air untuk tiap satuan luas dari permukaan yang kontak antara bahan dengan fluida panas.

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini saat pembuatan karaginan antara lain rumput laut merah *Eucheuma cottonii*, rumput laut *Eucheuma spinossum* yang diperoleh dari pulau Madura, KOH 6%, Ca(OH)<sub>2</sub> 6%, KCl 1,5%, HCl 0,2 N, aquades, air, kertas label, pH *paper*, dan kain saring. Bahan saat pembuatan *edible film* antara lain kappa-iota karaginan, gliserol, aquades, tissue, dan air.

##### 3.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu alat penelitian pendahuluan dan alat penelitian utama.

##### 3.1.2.1 Penelitian Pendahuluan

Pada saat penelitian pendahuluan membutuhkan alat-alat sebagai berikut :

1. Proses pembuatan *refine* karaginan dibutuhkan alat-alat seperti : waterbath, baskom, termometer, gelas ukur 100 mL, beaker glass 600 mL, beaker glass 1000 mL, timbangan digital, nampan plastik, spatula, solet, gunting, kain saring, mesin penggiling, ayakan 60 mesh, blender, stopwatch.
2. Proses pembuatan *edible film* dibutuhkan alat-alat seperti : oven, plat plastik, erlenmeyer 250 mL, gelas ukur 5 mL, gelas ukur 100 mL, sendok tanduk, timbangan digital, termometer, hot plate, magnetic stirer, waterbath, spatula.

##### 3.1.2.2 Penelitian Utama

1. Penelitian utama adalah proses pembuatan *edible film* maka membutuhkan alat- alat sebagai berikut : oven, plat plastik, erlenmeyer

250 mL, gelas ukur 5 mL, gelas ukur 100 mL, sendok tanduk, timbangan digital, termometer, hot plate, magnetic stirer, waterbath, spatula dan stopwatch.

2. Alat untuk uji karakteristik edible film, meliputi :

- Uji *Tensile Strength* dan perpanjangan menggunakan alat-alat seperti penggaris, silet, dan alat pengukur *Tensile Strength* merk IMADA.
- Uji ketebalan menggunakan alat *micrometer digimetic*
- Uji transmisi uap air menggunakan alat-alat seperti beaker glass 100 mL, desikator, timbangan digital, washing bottle, dan stopwatch.
- Uji kadar air menggunakan alat-alat seperti botol timbang, desikator, oven suhu 105°C, crushable tank, timbangan analitik.

### 3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan bagian dari metode kuantitatif, dan memiliki ciri khas tersendiri terutama dengan adanya kelompok kontrol. Dalam bidang sains, penelitian-penelitian dapat menggunakan desain eksperimen karena variabel-variabel dapat dipilih dan variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi proses eksperimen itu dapat dikontrol secara ketat (Fataruba, 2010).

Pada penelitian ini menggunakan metode yang terbagi menjadi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

#### 3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan konsentrasi kappa dan iota karaginan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* pada penelitian utama.

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan 5 perlakuan yaitu menggunakan konsentrasi karaginan yang berbeda-beda namun total rasio sama yaitu 2 gr. Perbandingan kappa dan iota karaginan yang digunakan adalah 0 : 4, 1 : 3, 2 : 2, dan 3 : 1 dan 4 : 0 dengan 4 kali ulangan yang didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}(n-1)(r-1) &\geq 15 \\ (5-1)(r-1) &\geq 15 \\ 5(r-1) &\geq 15 \\ 5r - 5 &\geq 15 \\ 5r &\geq 15 + 5 \\ r &\geq 20/5 \\ r &\geq 4\end{aligned}$$

keterangan :

n = perlakuan

r = ulangan

**Tabel 4. Rancangan Percobaan Penelitian Pendahuluan**

Rasio Kappa - iota	Ulangan			
	1	2	3	4
A1	A1	A1	A1	A1
A2	A2	A2	A2	A2
A3	A3	A3	A3	A3

Desain rancangan percobaan pada penelitian pendahuluan adalah :

A1 = Rasio karaginan 0 : 4, yaitu kappa sebanyak 0 g dan iota 2 g.

A2 = Rasio karaginan 1 : 3, yaitu kappa sebanyak 0,5 g dan iota 1,5 g.

A3 = Rasio karaginan 2 : 2, yaitu kappa sebanyak 1 g dan iota 1 g.

A4 = Rasio karaginan 3 : 1, yaitu kappa sebanyak 1,5 g dan iota 0,5 g.

A5 = Rasio karaginan 4 : 0, yaitu kappa sebanyak 2 g dan iota 0 g.

Berdasarkan faktor tersebut Berdasarkan faktor tersebut maka penelitian pendahuluan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana. Data

yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan diuji lanjut dengan BNT.

### 3.2.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan

Prosedur kerja penelitian pendahuluan yaitu meliputi pembuatan SRC dari *Eucheuma cottoni* untuk mendapatkan kappa karaginan dan pembuatan SRC *eucheuma spinosum* untuk mendapatkan iota karaginan.

1. Pembuatan SRC dari *Eucheuma cottoni* dengan metode gel press, meliputi langkah-langkah sebagai berikut : rumput laut *Eucheuma cottoni* kering ditimbang kemudian dicuci dengan air bersih selama, setelah itu ditambah air dengan perbandingan 1 : 25 dari berat rumput laut kering kemudian direndam dengan air bersih selama 24 jam, kemudian dipanaskan selama 30 menit dengan waterbath suhu 80-90°C setelah itu diblender. Rumput laut yang telah diblender bentuknya akan berubah menjadi pasta kemudian ditambahkan KOH 6% dan direbus pada waterbath dengan suhu 80°C selama 2 jam. Setelah itu ditambahkan HCl 0,2N hingga pH menjadi 12, dan ditambah KCl 0,75% pada 15 menit terakhir. Kemudian rumput laut diangin-anginkan hingga tidak terlalu panas dan direndam air KCl 0,375% ntuk kedua kalinya. Setelah direndam KCl untuk kedua kalinya, rumput laut diperas dengan menggunakan kain saring dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, rumput laut di haluskan dengan menggunakan alat *mekatronik*. Setelah digiling dengan menggunakan mekatronik, rumput laut yang telah melalui proses tadi berubah menjadi serbuk menyerupai tepung dan inilah yang disebut dengan kappa karaginan.
2. Pembuatan SRC dari *Eucheuma spinosum* dengan metode PNG menurut Setijawati *et al.*,(2011) yang telah termodifikasi yaitu meliputi langkah sebagai berikut : rumput laut *Eucheuma spinosum* kering ditimbang, dibersihkan dan dicuci. Kemudian rumput laut direbus dalam larutan

Ca(OH)<sub>2</sub> dengan konsentrasi 6% (w/v) pada suhu 70-74 °C selama 2 jam. Kemudian diambil dan dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan bau Ca(OH)<sub>2</sub>. Setelah itu rumput laut dikeringkan dan dihaluskan supaya menjadi serbuk menyerupai tepung yang disebut dengan iota karaginan.

Penggunaan metode pembuatan karaginan yang berbeda, disebabkan karena karakteristik rumput laut yang digunakan juga berbeda. Pada rumput laut *Eucheuma spinosum* apabila menggunakan metode gel press akan menyebabkan kandungan Ca(OH)<sub>2</sub> susah dihilangkan. Setelah dilakukan beberapa kali percobaan, metode PNG adalah metode yang sesuai untuk mendapatkan iota karaginan.

3. Pembuatan edible film dengan bahan baku campuran kappa dan iota karaginan, pertama yang harus dilakukan adalah menimbang kappa dan iota karaginan dengan total berat 2 g, namun rasio jumlah antara kappa dan iota karaginan berbeda-beda. Adapun rasio kappa : iota karaginan yaitu 4 : 0, 1 : 3, 1 : 1, dan 3 : 1 dan 4 : 0. Setelah ditimbang, karaginan dimasukkan ke dalam beaker glass dan ditambah aquades hingga volume menjadi 80 ml. Kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate stirer* pada suhu 85°C hingga menjadi homogen selama 30 menit. Kemudian ditambahkan gliserol 1 ml dan aquades hingga volume menjadi 100 ml dan di panaskan kembali diatas *hot plate stirer* selama 5 menit. Setelah itu larutan edible dicetak pada plat plastik dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 24-36 jam.

### 3.2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk memperoleh suhu dan lama pengeringan yang sesuai dalam pembuatan *edible film* dengan karakteristik terbaik. Pada penelitian utama, menggunakan konsenstrasi karaginan kappa dan iota terpilih yang telah diperoleh dari penelitian pendahuluan.

### 3.2.2.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Dari hasil penelitian pendahuluan, perlakuan terbaik dari penentuan konsentrasi karaginan terbaik untuk edible film berbahan campuran kappa-iota karaginan digunakan sebagai acuan pada penelitian utama, faktor perlakuan penelitian utama ini yang pertama adalah suhu pengeringan (A) yang terdiri dari  $A_1$  dan  $A_2$  berturut – turut yaitu  $50^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan faktor perlakuan kedua yaitu lama pengeringan (B) yang terdiri dari  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ , dan  $B_4$  berturut-turut sebesar 24 jam, 26 jam, 28 jam dan 30 jam. Dengan dilakukan 3 kali ulangan yang didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (8-1) (r-1) &\geq 15 \\ 7 (r-1) &\geq 15 \\ 8r - 7 &\geq 15 \\ r &\geq 2,75 = 3 \text{ (pembulatan)} \end{aligned}$$

**Tabel 5. Denah Rancangan Penelitian Utama**

Suhu Pengeringan	Lama Waktu	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
<b>A1</b>	$B_1$	$A_1B_1$	$A_1B_1$	$A_1B_1$
	$B_2$	$A_1B_2$	$A_1B_2$	$A_1B_2$
	$B_3$	$A_1B_3$	$A_1B_3$	$A_1B_3$
	$B_4$	$A_1B_4$	$A_1B_4$	$A_1B_4$
<b>A2</b>	$B_1$	$A_2B_1$	$A_2B_1$	$A_2B_1$
	$B_2$	$A_2B_2$	$A_2B_2$	$A_2B_2$
	$B_3$	$A_2B_3$	$A_2B_3$	$A_2B_3$
	$B_4$	$A_2B_4$	$A_2B_4$	$A_2B_4$

Keterangan perlakuan :

$A_1B_1$  = Pengeringan dengan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , waktu 24 jam

$A_1B_2$  = Pengeringan dengan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , waktu 26 jam

$A_1B_3$  = Pengeringan dengan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , waktu 28 jam

$A_1B_4$  = Pengeringan dengan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , waktu 30 jam

$A_2B_1$  = Pengeringan dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , waktu 24 jam

$A_2B_2$  = Pengeringan dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , waktu 26 jam

$A_2B_3$  = Pengeringan dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , waktu 28 jam

$A_2B_4$  = Pengeringan dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , waktu 30 jam

Berdasarkan faktor tersebut maka penelitian utama menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan uji lebih lanjut dengan uji Duncan.

### 3.2.2.2 Prosedur Penelitian Utama

Prosedur penelitian utama meliputi pembuatan edible film dengan plastisizer terbaik yang didapat dari penelitian terdahulu yaitu gliserol dan diberi perlakuan suhu pengeringan dan waktu yang berbeda-beda. Adapun langkah pembuatan edible film menurut Tamaela dan Sherky (2007) yang telah termodifikasi yaitu tepung karaginan sebanyak 2 g dengan rasio kappa dan iota karaginan yang telah didapat dari penelitian pendahuluan, dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dipanaskan dengan 80 mL aquades di atas hot plate stirer pada suhu 85°C, kemudian ditambahkan gliserol dan volumenya dijadikan 100 mL. Larutan kemudian dituangkan pada plat plastik dan selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu yang berbeda – beda yaitu 50°C dan 60°C dengan lama pengeringan yang juga berbeda-beda yaitu 24, 26, 28 dan 30 jam.

### 3.2.2.3 Parameter Uji

#### 3.2.2.3.1 Pengukuran Renggang Putus (*Tensile Strength*) dan Perpanjangan (*Elongasi*) (Alkili,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 :

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

Keterangan : F : gaya tarik (N)

A : luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$$\text{Elongasi} = \frac{\text{Panjang akhir} - \text{panjang awal}}{\text{Panjang akhir}} \times 100\%$$

### 3.2.2.3.2 Uji Ketebalan

Pengujian ketebalan *edible film* menggunakan alat micrometer digitec dengan seri 193 dan satuannya micrometer. Pengukuran ketebalan dilakukan pada tiga titik yang berbeda pada sampel, kemudian dirata-rata.

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

*Edible film* yang akan diuji transmisi uap airnya, dipotong terlebih dahulu. Kemudian wadah 1 diisi dengan 15 mL aquades dan ditempatkan di wadah 2 yang berisi silica gel. Sebelumnya 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 menggunakan rumus :

$$\text{WVP} = \frac{\Delta W}{t \cdot A}$$

Dimana : W= perubahan berat edible film setelah 24 jam

t= waktu (24 jam)

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

### 3.2.2.3.4 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. Rumus untuk menghitung nilai kadar air adalah sebagai berikut :

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

Dimana : A = berat botol timbang

B = berat sampel

C = berat botol timbang dan sampel yang sudah dioven

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian tentang Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Campuran Kappa – Iota Karaginan terdapat dua tahap penelitian yaitu penelitian pendahuluan adalah penentuan perbandingan konsentrasi kappa dan iota karaginan dan penelitian utama adalah pembuatan *edible film* dengan bahan campuran kappa dan iota karaginan dengan suhu dan waktu pengeringan yang berbeda.

### 4.1 Penelitian Tahap Pertama (Pendahuluan)

#### 4.1.1 Karakteristik Bahan

Dalam pembuatan kappa dan iota karaginan terdapat dua bahan baku utama yaitu rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*, keduanya diperoleh dari Pak Tohir yang berasal dari pulau Madura. Umur rumput laut yang digunakan untuk membuat karaginan pada penelitian ini adalah 45 hari, hal ini sesuai dengan pernyataan dari Widyastuti (2010), selama periode pertumbuhan rumput laut pada 45 hari setelah tanam (HST) sifat fisik dan kimiawi rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* telah memenuhi standar mutu untuk dijadikan karagenan.

Rumput laut jenis *Eucheuma sp* merupakan rumput laut yang cukup penting dalam industri dan banyak ditemukan dalam perairan Indonesia. *Eucheuma sp* dapat menghasilkan karaginan dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai kegunaan misalnya sebagai *stabilizer*, *thickner*, pembentuk gel dan pengemulsi yang mempunyai nilai jual tinggi (Prasetyawati, 2008).

#### 4.1.2 Hasil Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan mencari rasio perbandingan kappa dan iota karaginan yang sesuai untuk *edible film* penelitian utama. Berdasarkan hasil

ANOVA dan uji BNT didapatkan hasil terbaik penelitian pendahuluan dan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Penelitian Pendahuluan**

Perlakuan (kappa : iota)	Karakteristik			
	Tensile	Perpanjangan	Transmisi	ketebalan
0 : 4	27.08 ± 1.45 <sup>b</sup>	2.52 ± 0.44 <sup>c</sup>	2.68 ± 0.17 <sup>ab</sup>	71.81 ± 0.74 <sup>b</sup>
1 : 3	30.87 ± 1.23 <sup>c</sup>	8.70 ± 1.12 <sup>b</sup>	5.29 ± 0.78 <sup>c</sup>	100.58 ± 1.49 <sup>d</sup>
1 : 1	34.82 ± 0.54 <sup>c</sup>	7.64 ± 0.13 <sup>b</sup>	5.29 ± 1.45 <sup>d</sup>	88.54 ± 1.15 <sup>c</sup>
3 : 1	36.83 ± 1.15 <sup>b</sup>	13.57 ± 0.95 <sup>c</sup>	2.34 ± 0.42 <sup>a</sup>	81.46 ± 1.07 <sup>b</sup>
4 : 0	29.99 ± 1.83 <sup>a</sup>	14.16 ± 0.66 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.25 <sup>bc</sup>	79.96 ± 0.64 <sup>a</sup>

keterangan : Notasi yang berbeda ditunjukkan dengan perbedaan yang nyata antar perlakuan ( $p > 0,05$ ).

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa perbandingan jumlah konsentrasi karaginan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap uji karakteristik *edible film*.

Pada uji *tensile*, didapatkan bahwa nilai terbaik adalah pada *edible film* konsentrasi 3 : 1, karena pada konsentrasi tersebut nilai *tensile strength* (kuat tarik) paling besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Herliany (2013), bahwa biofilm dengan kekuatan tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik.

Pada uji perpanjangan, nilai tertinggi diperoleh *edible film* dengan konsentrasi karaginan 4 : 0 yaitu *edible film* dari kappa saja tanpa mix dengan iota. *Edible film* yang hanya berbahan dari kappa mempunyai nilai perpanjangan tertinggi namun fisiknya lebih kaku dan keras, sehingga cenderung mudah rapuh.

Oleh karena itu, *edible film* dengan perlakuan 4 : 0 tidak dapat dikatakan sebagai *edible* dengan konsentrasi terbaik. Menurut Suryaningrum (2005), standar yang harus dimiliki oleh *edible film* agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik antaranya adalah memiliki besaran kuat tarik antara 10 hingga 100 MP dan

mempunyai persen pemanjangan 10–50 %. Sehingga untuk perpanjangan edible film yang terbaik adalah pada konsentrasi 3 : 1.

Pada uji Transmisi, nilai terbaik dilihat dari edible film yang memiliki nilai transmisi paling rendah yaitu terdapat pada konsentrasi 3 : 1. Dan untuk uji ketebalan, nilai terbaik yaitu *edible film* yang memiliki nilai ketebalan terendah ada pada edible dengan perbandingan konsentrasi 0 : 4, yaitu *edible* yang hanya berasal dari iota karaginan. Hal ini dikarenakan ketebalan suatu edible film dipengaruhi luas cetakan yang digunakan, volume larutan, banyaknya total padatan dan larutan.

Dari hasil analisis keragaman (ANOVA), dengan menggunakan derajat kesalahan 0,05% dan derajat kepercayaan 95% didapatkan bahwa ada pengaruh nyata dari setiap perbandingan jumlah karaginan yang digunakan terhadap karakteristik edible film. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut BNT. Adanya pengaruh nyata dari perbandingan konsentrasi terhadap uji karakteristik edible film ditunjukkan dengan adanya notasi yang berbeda dari 5 jenis perbandingan konsentrasi karaginan. Hasil analisis keragaman (ANOVA) dan uji BNT penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 4.1.3 Penentuan Perlakuan Terpilih

Penentuan perlakuan terpilih dari konsentrasi karaginan kappa dan iota terdapat pada perlakuan 3:1. Perlakuan terpilih tersebut mempunyai karakteristik sebagai berikut: *tensile strength* 36,83 N/mm<sup>2</sup>, persen elongasi 13,57%, transmisi uap air 12,90 g/cm<sup>2</sup>. 24 jam, dan ketebalan 81,46 µm.

Berdasarkan hasil ANOVA dan uji BNT didapatkan adanya notasi yang berbeda antar perlakuan. Notasi ini menunjukkan bahwa perbandingan konsentrasi karaginan memberikan pengaruh terhadap karakteristik *edible film*. Dari perhitungan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji BNT, maka didapatkan perlakuan yang memberikan pengaruh paling nyata adalah perbandingan pada

konsentrasi 3:1, hal ini terlihat pada perbandingan konsentrasi tersebut memiliki notasi yang berbeda dari keempat uji karakteristik *edible film* dan pada konsentrasi tersebut yang paling sering menunjukkan nilai terbaik untuk parameter karakteristik *edible film*. Oleh karena itu, pada penelitian utama perbandingan konsentrasi karaginan yang digunakan adalah 3 : 1.

## 4.2 Penelitian Utama

Pada penelitian utama ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan dengan menggunakan perlakuan terpilih perbandingan konsentrasi kappa dan iota karaginan sebesar 3 : 1 yang didapatkan dari penelitian pendahuluan. Hasil dari penelitian utama dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 7. Hasil Penelitian Utama**

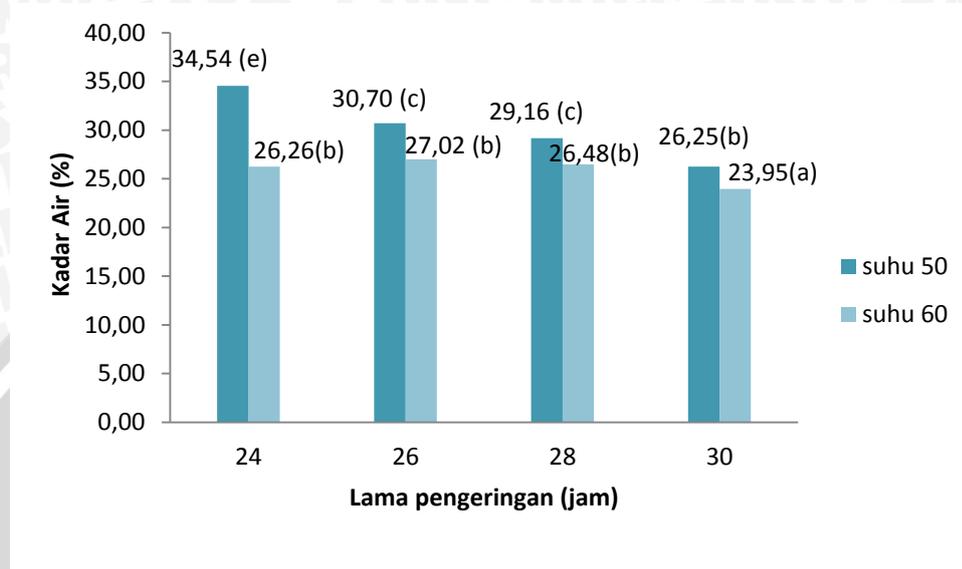
Kode	Karakteristik				
	Kadar Air (%)	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )	Transmisi ( $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ jam}$ )	Elongasi (%)	Tensile (Nmm)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	34,54 ± 0,49	42,45 ± 0,38	4,82 ± 0,75	11,35 ± 0,69	8,13 ± 0,68
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	30,70 ± 0,98	35,95 ± 0,32	4,52 ± 1,59	8,44 ± 0,27	8,06 ± 0,63
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	29,16 ± 0,63	47,20 ± 0,70	3,24 ± 1,62	10,04 ± 0,73	9,07 ± 1,43
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	26,25 ± 1,39	35,42 ± 0,28	3,71 ± 1,73	9,38 ± 0,40	7,17 ± 0,83
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	26,26 ± 1,96	37,40 ± 1,13	7,66 ± 0,24	9,69 ± 0,04	13,17 ± 0,53
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	27,02 ± 0,14	49,53 ± 0,43	6,89 ± 0,67	9,25 ± 0,40	9,23 ± 0,93
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	26,48 ± 0,48	38,78 ± 0,11	6,64 ± 0,76	8,52 ± 0,14	8,71 ± 0,60
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	23,95 ± 0,51	33,82 ± 0,31	6,42 ± 0,24	6,65 ± 0,15	7,57 ± 1,88

### 4.2.1 Karakteristik Edible Film

#### 4.2.1.1 Kadar Air

Data analisis data kadar air *edible film* berbahan baku campuran kappa dan iota karaginan dengan suhu dan lama pengeringan yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 9. Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan suhu dan lama pengeringan ada beda nyata terhadap nilai kadar air dan interaksi

keduanya terhadap kadar air juga ada beda nyata ( $p < 0,05$ ). Grafik hubungan antara suhu dan lama pengeringan terhadap nilai kadar air edible film penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Kadar Air**

Grafik kadar air pada gambar 6 memperlihatkan bahwa kadar air edible film yang dikeringkan pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  memiliki nilai kadar air lebih rendah dibandingkan edible film yang dikeringkan pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar suhu pengeringan yang digunakan maka semakin kecil nilai % kadar air edible film yang dihasilkan, dikarenakan suhu yang semakin besar akan menghasilkan panas yang lebih maksimal sehingga kandungan air pada *edible film* semakin menguap. Menurut Winarno (1992), adanya peningkatan suhu pengeringan akan menurunkan kadar air bahan pangan. Semakin tinggi kontak panas dengan bahan, akan semakin banyak air yang akan teruapkan. Sehingga semakin tinggi suhu pengeringan, semakin kecil kadar air yang terkandung dalam bahan pangan. Hal ini disebabkan semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dari bahan, semakin cepat terjadinya pemindahan air. Kadar air menunjukkan jumlah total air yang terdapat dalam suatu bahan, baik berupa air terikat maupun air bebas, dibandingkan terhadap

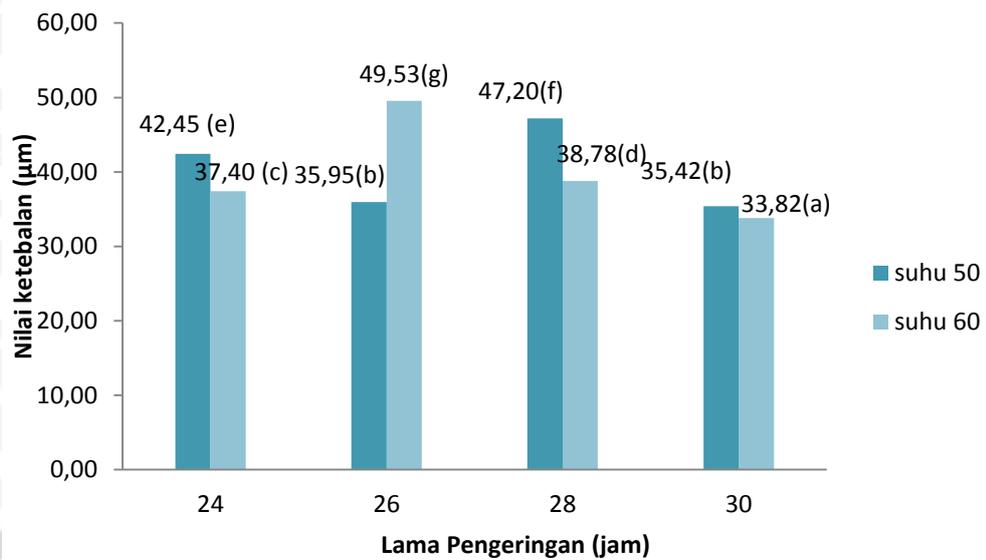
berat bahan tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Termogravimetri.

Gambar 6 juga menunjukkan bahwa lama pengeringan memberikan pengaruh terhadap kadar air *edible film* campuran kappa dan iota karaginan. Terlihat pada grafik tersebut, semakin lama pengeringan maka semakin turun nilai kadar air *edible film* dan semakin lama pengeringan menyebabkan nilai kadar air menjadi hampir sama antara suhu 50°C dan 60°C. Hal ini diduga pada saat pengeringan dengan waktu semakin lama menyebabkan semakin banyak pula molekul-molekul air yang terkandung di dalam *edible film* terbebaskan. Menurut Rosdanelli (2004), Karakteristik proses pengeringan suatu bahan bergantung pada waktu yang diperlukan. Karena semakin lama maka semakin sedikit air yang diuapkan. Proses ini berlangsung sampai air yang terikat saja yang tinggal di dalam bahan *edible film*.

*Edible film* yang memiliki nilai kadar air terendah merupakan *edible film* yang diharapkan, karena dengan rendahnya nilai kadar air maka semakin rendah kandungan air yang terdapat di dalamnya sehingga masa simpan *edible film* jauh lebih lama, sesuai dengan fungsi utamanya yaitu sebagai pengemas makanan yang dapat melindungi produk yang dibungkus supaya tidak cepat busuk.

#### 4.2.1.2 Ketebalan

Hasil analisa ragam (ANOVA) pada Lampiran 10 menunjukkan bahwa suhu tidak memberikan beda nyata terhadap ketebalan *edible film* ( $P > 0,05$ ). Lama pengeringan memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan, dan interaksi antara suhu dan lama pengeringan juga memberikan pengaruh nyata terhadap nilai ketebalan *edible film* ( $P < 0,05$ ). Grafik hubungan suhu dan lama pengeringan *edible film* terhadap nilai ketebalan dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Edible Film Terhadap Nilai Ketebalan**

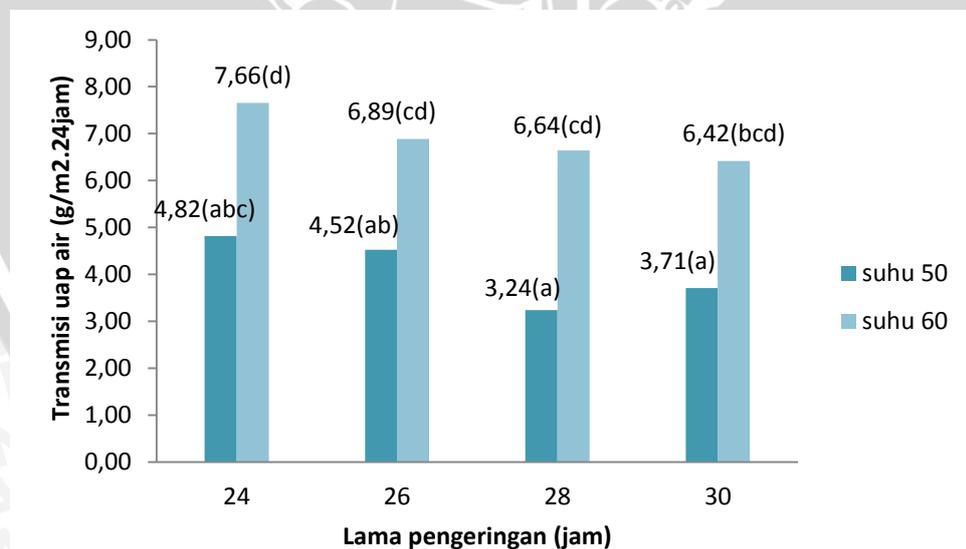
Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pengeringan yang digunakan maka akan menurunkan ketebalan *edible film*. Hal ini sesuai dengan penelitian Krisna (2011) yaitu *edible film* dari kacang merah menunjukkan bahwa semakin lama proses pengeringan maka ketebalan *edible film* semakin menurun. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya suhu pengeringan maka akan berpengaruh pada menurunnya kadar air sehingga akan menyebabkan semakin kompaknya karaginan karena gugus OH dalam karaginan semakin berdekatan yang kemudian menyebabkan penurunan pada ketebalan *edible film*.

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *edible film* sebagai bahan pengemas. Ketebalan *edible film* berpengaruh terhadap kemampuannya untuk membungkus dan melindungi produk. Penelitian Nasaputra (2012), menyatakan semakin tinggi ketebalan *edible film* akan mampu menahan pertukaran gas dan uap air dari dan ke dalam produk sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk. Sedangkan menurut Dimas (2011), Ketebalan film akan mempengaruhi karakteristik mekanik

film yang dihasilkan. Ketebalan film akan mempengaruhi sifat *tensile strength* dan elongasi film dan pada konsentrasi pati yang terlalu tinggi akan menghasilkan film dengan sifat yang brittle (kaku, getas) dan tidak elastis. Hal ini akan menjadi kendala dalam aplikasi *edible film* sebagai pengemas. Menurut Suryaningrum (2005) dalam penggunaannya, ketebalan edible film harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya.

#### 4.2.1.3 Transmisi Uap Air

Data analisis ragam transmisi uap air edible film berbahan campuran kappa dan iota karaginan dapat dilihat pada Lampiran 11. Hasil analisa menunjukkan bahwa interaksi suhu dan lama pengeringan edible film terhadap nilai transmisi uap air tidak memberikan pengaruh nyata ( $P>0,05$ ), perlakuan lama pengeringan juga tidak memberikan pengaruh, namun suhu memberikan pengaruh nyata terhadap nilai transmisi uap air ( $P<0,05$ ). Grafik hubungan nilai transmisi uap air edible film berbahan campuran kappa dan iota karaginan terhadap suhu dan lama pengeringan dapat dilihat pada Gambar 8.

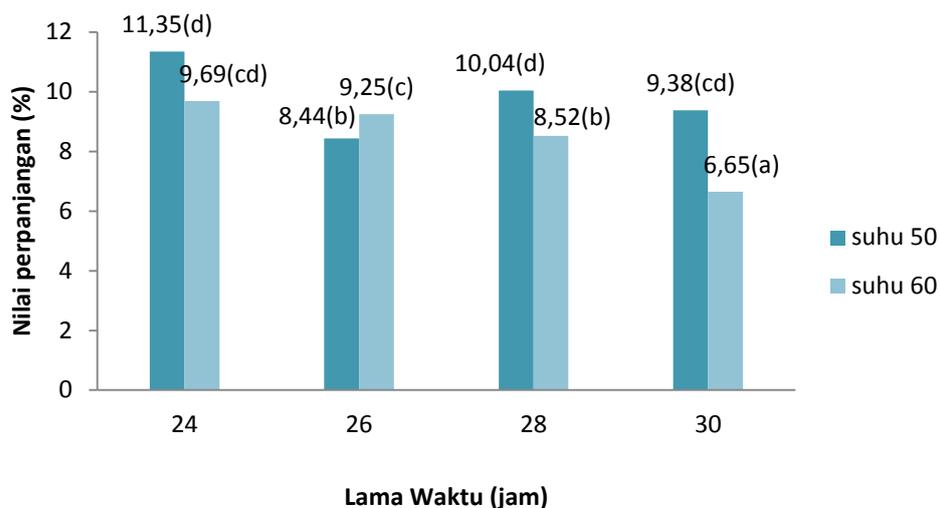


**Gambar 8. Grafik Hubungan Suhu dan Lama Pengeringan Edible Film Terhadap Nilai Transmisi Uap Air**

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan untuk mengeringkan *edible film* kappa iota maka semakin rendah nilai transmisi uap air. Nilai rerata transmisi uap air jika dilihat dari perbedaan suhu, dari suhu 60°C ke suhu 50°C mengalami penurunan, hal ini dikarenakan suhu berpengaruh terhadap kadar air *edible film*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra (2014) yang juga menggunakan suhu pengeringan 50°C dan 60°C pada *edible film* dengan tambahan ekstrak daun jati menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka nilai transmisi uap air juga semakin meningkat. Pada suhu 50°C, kadar air yang terkandung pada *edible film* masih banyak sehingga menghalangi uap air untuk masuk ke dalam pori-pori *edible film* sehingga nilai transmisi uap air *edible* dengan suhu pengeringan 50°C lebih rendah dibanding dengan *edible film* yang dikeringkan pada suhu 60°C. Nilai transmisi uap air juga dipengaruhi ketebalan *edible film* apabila ketebalan tinggi maka nilai transmisi uap air akan semakin menurun.

#### 4.2.1.4 Perpanjangan (*Elongation*)

Data hasil analisis ragam (ANOVA) nilai perpanjangan *edible film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan yang dikeringkan dengan suhu dan lama pengeringan yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 12. Hasil analisis data menunjukkan bahwa suhu, lama pengeringan dan interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata ( $P < 0,05$ ). Grafik hubungan antara suhu dan lama pengeringan terhadap nilai perpanjangan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Nilai Perpanjangan**

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin rendah suhu pengeringan maka nilai perpanjangan edible film juga semakin besar. Hal ini diduga karena nilai perpanjangan berhubungan dengan nilai kadar air. Nilai kadar air yang masih banyak menyebabkan edible film masih elastis dan memanjang apabila dilakukan uji elongasi. Grafik pada gambar 9 juga menunjukkan bahwa semakin lama pengeringan, nilai perpanjangan *edible film* semakin menurun. Hal tersebut diduga karena penggunaan waktu pengeringan yang lama menyebabkan semakin banyak air yang keluar dari *edible film* sehingga elastisitas *edible film* menjadi semakin menurun.

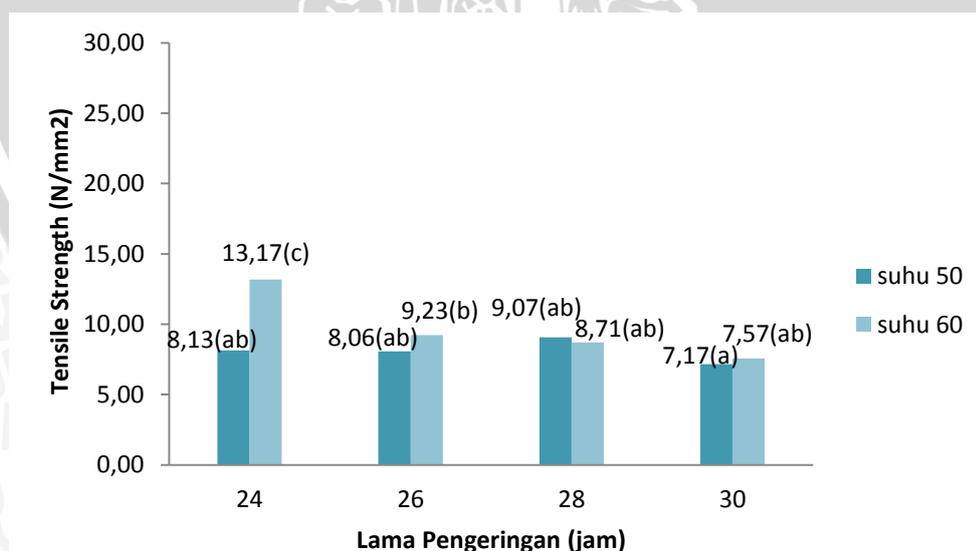
Nilai perpanjangan terbaik diperoleh *edible film* yang memiliki nilai perpanjangan paling besar, maka dapat dikatakan *edible film* dengan suhu pengeringan 60°C selama 24 jam adalah *edible film* dengan perpanjangan terbaik. Menurut Sudaryati *et al.*, (2010), elongasi menunjukkan kemampuan *edible film* untuk diregangkan. Semakin lama pengeringan, air semakin banyak

yang menguap. Air merupakan plastisizer penting pada saat *edible film* diregang. Penurunan kadar air menyebabkan elongasi semakin menurun.

Perpanjangan merupakan karakteristik *edible film* yang menunjukkan nilai hasil pengujian kemampuan *edible film* untuk memanjang atau elastis. Menurut Yulianti (2012), pemanjangan *edible film* menunjukkan tingkat pemanjangan film pada saat ditarik sampai putus. Semakin besar nilai pemanjangan maka semakin baik *edible film* karena lebih elastis dan tidak mudah sobek. Sedangkan menurut Herliany *et al.*, (2013), Persentase pemanjangan merupakan persen pertambahan panjang bahan materi biofilm yang diukur mulai dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus.

#### 4.2.1.5 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Hasil analisa nilai kuat tarik dapat dilihat pada Lampiran 13. Hasil analisa data menunjukkan bahwa semua faktor dan interaksi antara suhu dan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik *edible film* ( $P < 0.05$ ). Grafik hubungan suhu dan lama pengeringan yang berbeda terhadap nilai *Tensile strength* *edible film* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Suhu dan Lama Pengeringan yang Berbeda Terhadap Nilai *Tensile Strength*

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin lama pengeringan maka nilai kuat tarik juga akan menurun. Menurut Sudaryati *et al.*, (2010) bahwa ada keterkaitan antara ketebalan edible film dengan nilai kuat tarik yaitu lama pengeringan akan mengurangi jarak intermolekuler rantai polimer yang terikat sehingga elastisitas menurun dan juga menurunkan kandungan air yang terikat sehingga ketebalan semakin menurun. Dapat dikatakan bahwa suhu yang tinggi akan menurunkan nilai perpanjangan, karena edible pada suhu tinggi nilai ketebalan juga semakin menurun. Menurut Krochta dan Johnston (1997), Standar yang harus dimiliki oleh edible film agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik diantaranya adalah memiliki besaran kuat tarik antara 10 hingga 100 MPa. Pada penelitian ini edible film dengan bahan campuran kappa dan iota karaginan untuk nilai *tensile strength* masih dikatakan jelek, karena hanya ada satu nilai yang memenuhi standar. Gambar 9 menunjukkan nilai edible film tertinggi terdapat pada edible film dengan suhu pengeringan 60 °C dan lama pengeringan 24 jam (A1B1) sedangkan untuk nilai *tensile strength* terendah adalah edible film dengan suhu pengeringan 50°C dan lama pengeringan 26 jam.

Kuat tarik menunjukkan nilai maksimum gaya yang diproduksi jika dilakukan uji tarik. Semakin tinggi gaya yang diproduksi maka kekuatan tariknya akan semakin besar. Biofilm dengan kekuatan tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik (Herliany *et al.*, 2013).

#### 4.3 Penentuan Perlakuan Terpilih

Penentuan perlakuan terpilih didapatkan dengan menganalisa *edible film* berdasarkan karakteristiknya. Parameter perlakuan terpilih meliputi kadar air, *tensile strength*, perpanjangan, ketebalan, transmisi uap air. Nilai yang

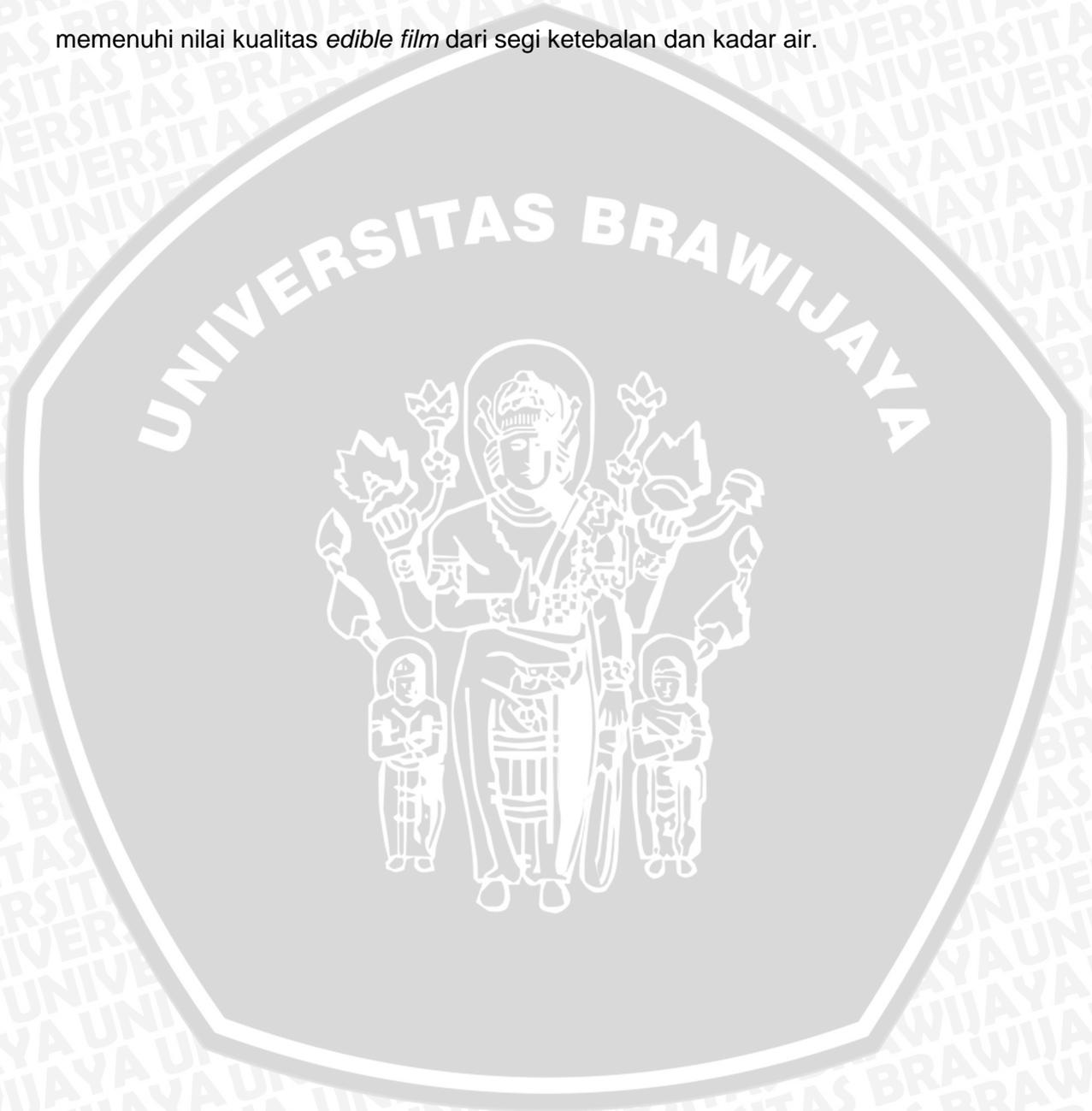
diharapkan untuk semua parameter adalah terendah, kecuali untuk *tensile strength* dan perpanjangan.

Pada penelitian Pengaruh perbedaan suhu dan lama pengeringan *Edible Film* berbahan campuran kappa dan iota karaginan untuk menentukan kualitas edible film ditentukan berdasarkan nilai kadar air, transmisi uap air dan ketebalan. Namun menurut (Yulianti, 2012) pada penelitiannya tentang edible film dari umbi-umbian, sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, perpanjangan dan kuat tarik. Hal tersebut dikarenakan kualitas edible film paling utama dipengaruhi oleh sifat bahan yang digunakan pada pembuatan *edible film* dan perlakuan yang diberikan. Dalam penelitian ini perlakuan yang diberikan adalah penggunaan suhu dan lama pengeringan yang berbeda. Sehingga dapat dikatakan bahwa hal terpenting pada penelitian ini adalah nilai kadar air edible film, karena suhu dan waktu pengeringan sangat mempengaruhi nilai kadar air suatu bahan. Nilai kadar air akan mempengaruhi karakteristik lain edible film diantaranya ketebalan dan transmisi uap air.

Perlakuan terpilih dari *edible film* kappa dan iota karaginan yang dikeringkan dengan suhu dan lama pengeringan pada penelitian ini yaitu : pada kadar air terdapat pada edible film yang memiliki nilai %kadar air terendah diperoleh A2B4 sebesar 23,95% yaitu edible dengan suhu pengeringan 60°C dan waktu pengeringan selama 30 jam. Nilai transmisi uap air terpilih adalah edible dengan nilai terendah diperoleh A1B4 sebesar 3,71 g/cm<sup>2</sup>.24jam. Nilai ketebalan terpilih adalah edible yang memiliki nilai terendah diperoleh A2B4 sebesar 33,82µm yaitu edible dengan suhu pengeringan 60°C selama 30 jam. Sedangkan untuk nilai perpanjangan dan *tensile strength* atau kuat tarik terpilih adalah edible dengan nilai tertinggi, yaitu diperoleh A1B1 edible dengan suhu pengeringan

60°C dan waktu pengeringan selama 24 jam dengan nilai perpanjangan sebesar 11,35% dan *tensile strength* atau kuat tarik diperoleh A2B1 sebesar 13,17 Nmm<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil analisa kualitas *edible film*, maka perlakuan terpilih diperoleh A2B4. Hal ini dikarenakan pada perlakuan tersebut lebih banyak memenuhi nilai kualitas *edible film* dari segi ketebalan dan kadar air.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Interaksi suhu dan waktu pengeringan memberikan pengaruh pada *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan pada beberapa karakteristik, diantaranya % kadar air, ketebalan, kuat tarik dan perpanjangan. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan *edible film* terpilih pada penelitian ini adalah berdasarkan nilai kadar air dan ketebalan. Perlakuan terpilih diperoleh *edible film* dengan perlakuan A2B4 yaitu *edible* dengan suhu pengeringan 60°C dan lama pengeringan 30 jam, berdasarkan karakteristik nilai kadar air sebesar 23,95%, ketebalan sebesar 33,82  $\mu\text{m}$ , perpanjangan (*elongation*) sebesar 6,65%, kuat tarik (*tensile strength*) sebesar 7,57 N/mm, dan transmisi uap air sebesar 6,42 g/m<sup>2</sup>.24 jam.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini nilai karakteristik *tensile strength* kurang baik karena belum memenuhi standart yang ada, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan karakteristik *tensile strength* yang memenuhi standar.

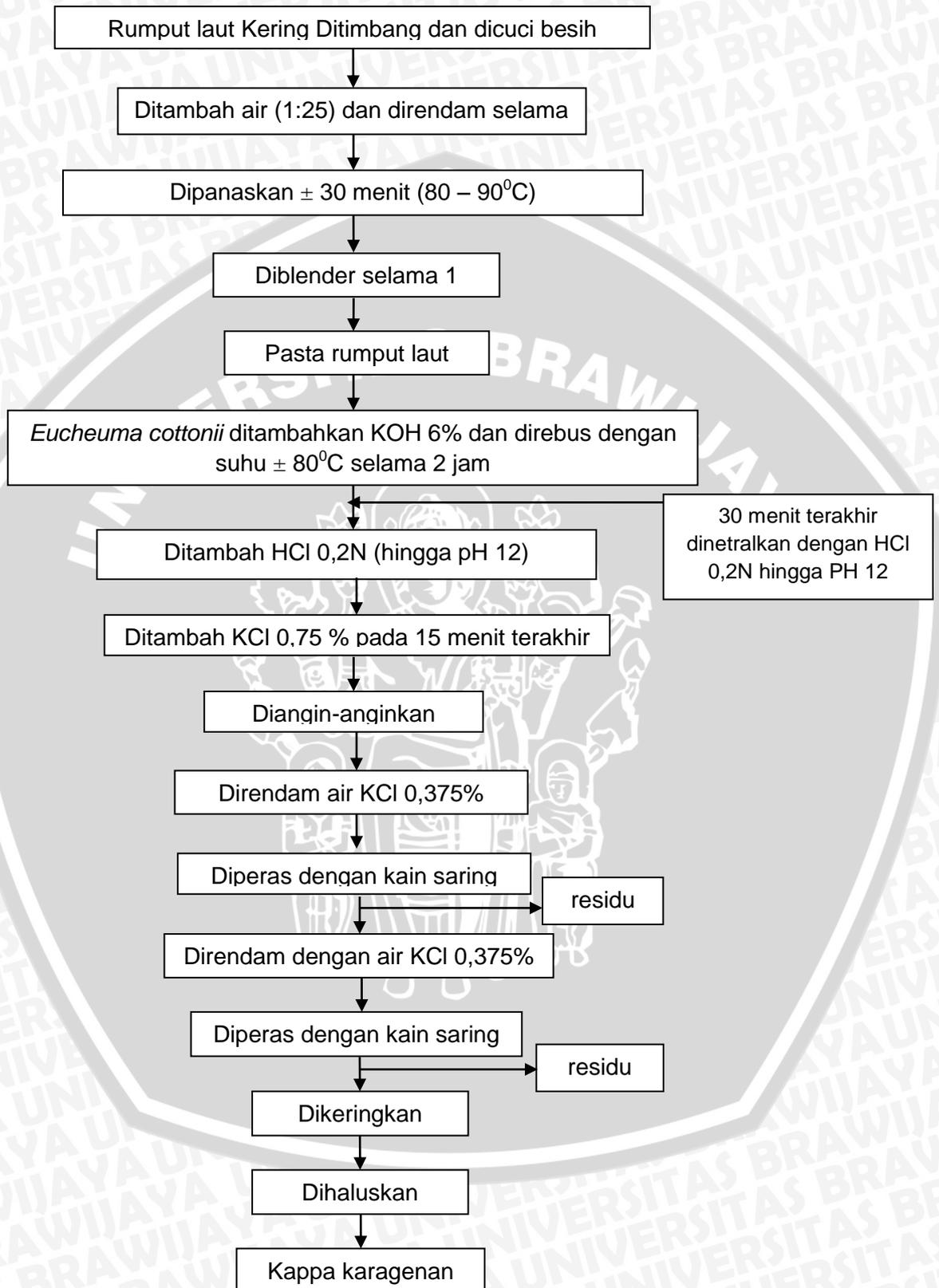
## DAFTAR PUSTAKA

- Alcantra, C. R., T.R. Rumsey, and J.M. Krochta. 1998. Drying Rate Effect on the Properties of Whey Protein Films. *J. Food Process. Preserv.*
- Alkili, M. S., Usman A, dan Nugraha E. S. 2012. Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang. *Jurnal Keteknikan Pangan.* **1** (26): 39-46.
- Cholik. F. TENG g. Jagatraya, RP. Pernomo, dan Ahmad J. 2005. *Akuakultur Taman Air Tawar.* Jakarta.
- Distantina. S, Fadilah, Rochmadi, Moh. Fahrurrozi, dan Wiratni. 2009. Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Rendemen dan Sifat Gel Karagenan. *Ekuilibrum.***1** (8): 35-40.
- Distantina. S, Fadilah, Rochmadi, M. Fahrurrozi, dan Wiratni. 2010. Proses Ekstraksi Karagenan dari *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Seminar Rekayasa Kimia dan Proses.* **1**(3): 1-6.
- Embuscado, M. E. and Kerry C. H. 2009. *Edible Film and Coatings for Food Application.* Springer Dordrecht Heidelberg. London: New York.
- Febrinata, E. 2005. Pengaruh Pencampuran Kappa dan Iota Karagenan Terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karagenan Campuran. Skripsi Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Ghufran, M dan H Kordi. 2011. *Kiat Sukses Budidaya Rumput Laut di Laut dan Tambak.* Lily Publisher. Yogyakarta.
- Handito, D. 2011. Pengaruh Konsentrasi Karagenin Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Edible Film.* *Jurnal Agroteksos.* **2-3**(21): 151-157.
- Herliany, N.E., S.Joko, dan E. Salamah. 2013. Karakteristik Biofilm Berbahan Dasar Karagenin. *Jurnal Akuatika.***1** (IV): 10-20.
- Hudha, M. I., R. Sepdwiyanti dan S. Dian Sari. 2012. Ekstraksi Karagenin Dari Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) Dengan Variasi Suhu Pelarut Dan Waktu Operasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia.***1** (1): 17-20.
- Huri, D dan F.C. Nisa. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film.* *Jurnal Pangan dan Agroindustri.***4**(2):1-8
- Irawan, A Ing. 2011. *Modul Laboratorium Pengeringan.* Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Kasim, S. 2013. Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Terhadap Rendemen Karagenin yang Diperoleh Dari Rumput Laut Jenis *Eucheuma spinosum* Asal Kota Bau-bau. *Majalah Farmasi dan Farmalogi.* **1**(17): 1-8.

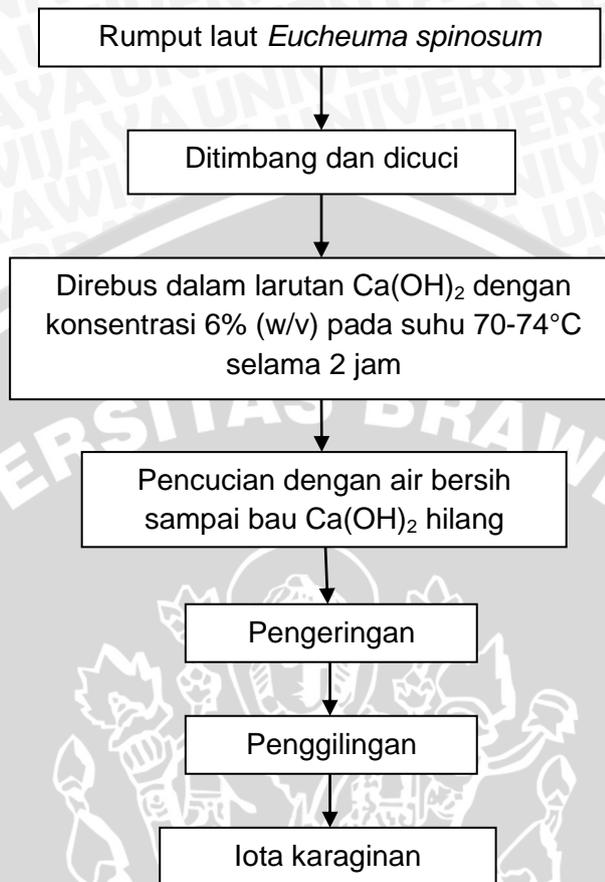
- Krisna, D.D.A. 2011. Pengaruh Regelatinisasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik Pada Pembuatan *Edible Film* dari Pati Kacang Merah (*Vigna angularis sp.*). Fakultas Teknik Kimia. Universitas Diponegoro.[Tesis].
- Krochta, J.M. 1992. Control of Mass Transfer in Food With Edible Coatings and Film Advances in Food Engineering. CRC Press, Boca Raton, F.L.
- Krochta J.M. dan M. Johnston. 1997. Edible Coating and Film to Improve Food Quality. Technomic publishing co. INC.Lancaster.
- Kusumawati, D.A dan W. Dwi Rukmi. 2013. Karakteristik Fisika dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Di inkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1 (1): 90-100.
- Kusnandar, F. 2010. Kimia Pangan Komponen Mikro. Dian Rakyat. Jakarta.
- Nasaputra, M.A. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pati Jahe Emprit (*Zingiber officinale var. Rubrum*) dan Asam Stearat terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Edible Film. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.[Skripsi].
- Prasetyawati. C. Jasmine dan D. Agustawan. 2008. Pembuatan Tepung Karaginan dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan. *Jurnal Teknik Kimia*. 2 (15): 27-33.
- Putra, D.R.M dan J. Kusnadi. 2014. Formulasi Edible Film sebagai *Antibacterial Active Packaging* dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati (*Tectoma grandis*) (Kajian proporsi Pati Tapioka dan Suhu Pengeringan *Edible film*). Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Makasar. [Tesis].
- Rahayoe, S., Budi, R dan Rr. Siti K. 2008. Konstanta Laju Pengeringan Daun Sambiloto Menggunakan Pengering Tekanan Rendah. *Jurnal Rekayasa Proses*. 1 (2): 1-7
- Rasyid, A. 2003. Beberapa Catatan Tentang Karagenan. *Oseana*. 4 (XXVIII): 1-6
- Rismawati. 2012. Studi Laju Pengeringan Semi-Refined Carragenan (SRC) yang Diproduksi dari Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* dengan Metode Pemanasan Konvensional dan Pemanasan OHMIC. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Hasanudin.[Skripsi].
- Rosdanelli, H. 2004. Modul Mekanisme Pengeringan. Fakultas Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara.
- Sari, Tuti Indah. Hotman P. Manurung dan Fery Permadi. 2008. Pembuatan Edible Film dari Kolang Kaling. *Jurnal Teknik Kimia*. 4 (15): 1-6
- Setijawati, D., S. Wijana. Aulanium dan I. Santoso. 2011. Viabilitas , dan Struktur Mikrokapsul *Lactobacillus acidophilus* dengan Bahan Penyalut Karaginan Semi Murni Jenis *Eucheuma cottoni*. *Jurnal Teknologi Pangan*. 1 (2): 1-7

- Skurtys, O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F and Aguilera JM. 2014. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. Santiago, Chile.
- Sudarmadji, S. B. Haryono dan Suhardi. 2003. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Sudaryati, HP. Tri Mulyani S, dan Egha Rodhu Hansyah. 2010. Sifat Fisik dan Mekanis Edible Film dari Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan Karboksimetilselulosa. *Jurnal Teknologi Pertanian*. **8** (11): 196–201.
- Suryaningrum, D. Th., J. Basmal dan Nurochmawati. 2005. Studi Pembuatan Edible Film Dari Karaginan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. **4** (11): 1-7.
- Tamaela, Pieter dan Sherky Lewerissa. 2007. Karakteristik EdibleFilm dari Karagenan. *Ichthyos*. **1**(7): 1-8.
- Ulfah, M. 2009. Pemanfaatan Iota Karaginan (*Eucheuma spinosum*) dan Kappa Karaginan (*Kappaphycus alvarezii*) Sebagai Sumber Serat Untuk Meningkatkan Kekenyalan Mie Kering. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. [Skripsi].
- Winarno, F.G. 1996. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Widyastuti, Sri. 2010. Sifat Fisik dan Kimiawi Karagenan yang Diekstrak Dari Rumpun Laut *Eucheuma cottonidan E. Spinosum* Pada Umur Panen yang Berbeda. *Jurnal Agroteksos*. **1** (20): 41-50.
- Yulianti, R. dan E. Ginting. 2012. Perbedaan Karakteristik Edible Film dari Umbi-Umbian yang Dibuat dengan Penambahan Plasticizer. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. **2** (31): 131-136.

### Lampiran 1. Skema Pembuatan Kappa Karagenan Metode Gel Press

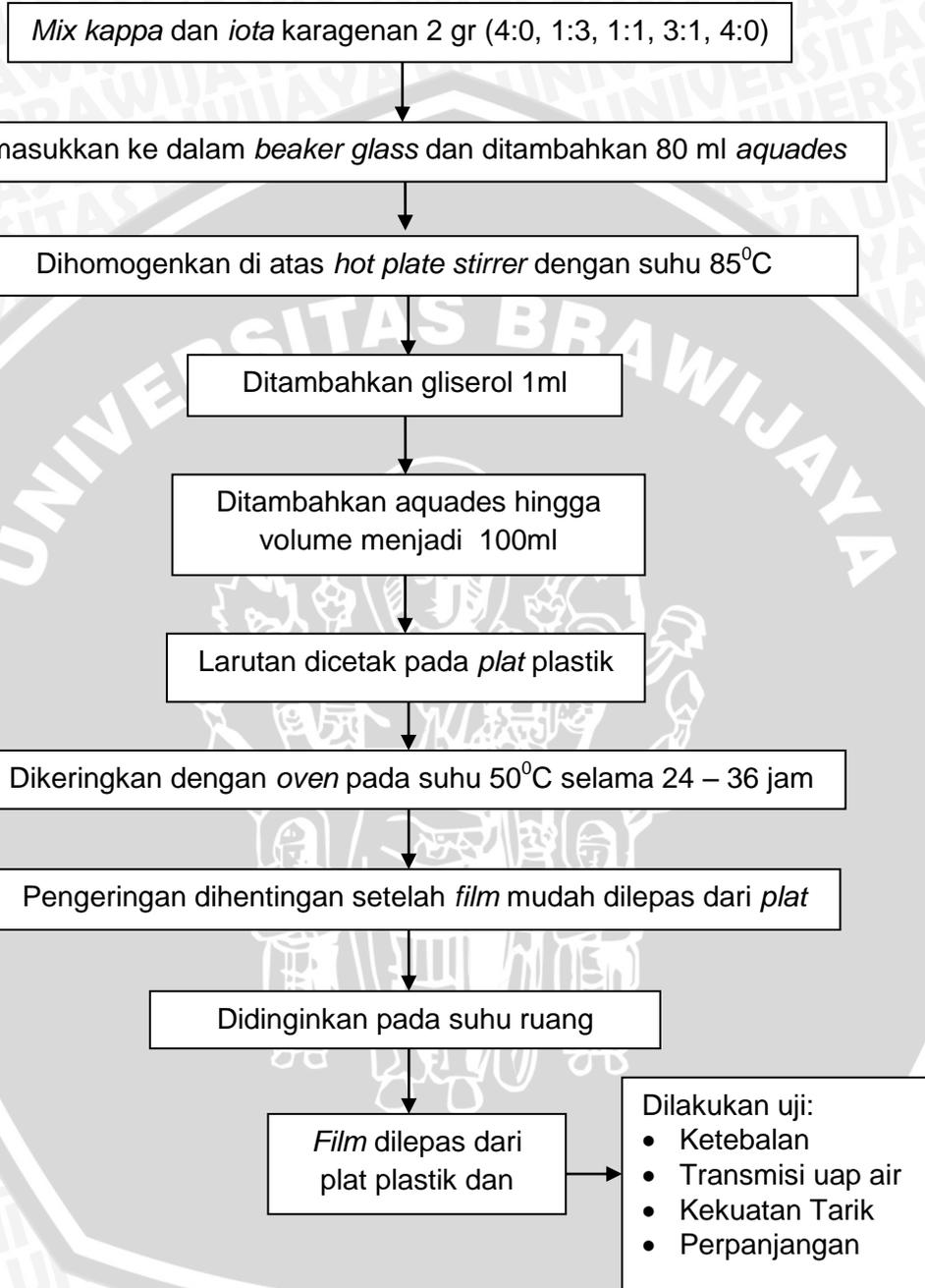


Sumber : (Irmawan, 2013)

**Lampiran 2. Skema Pembuatan Iota Karaginan Metode PNG**

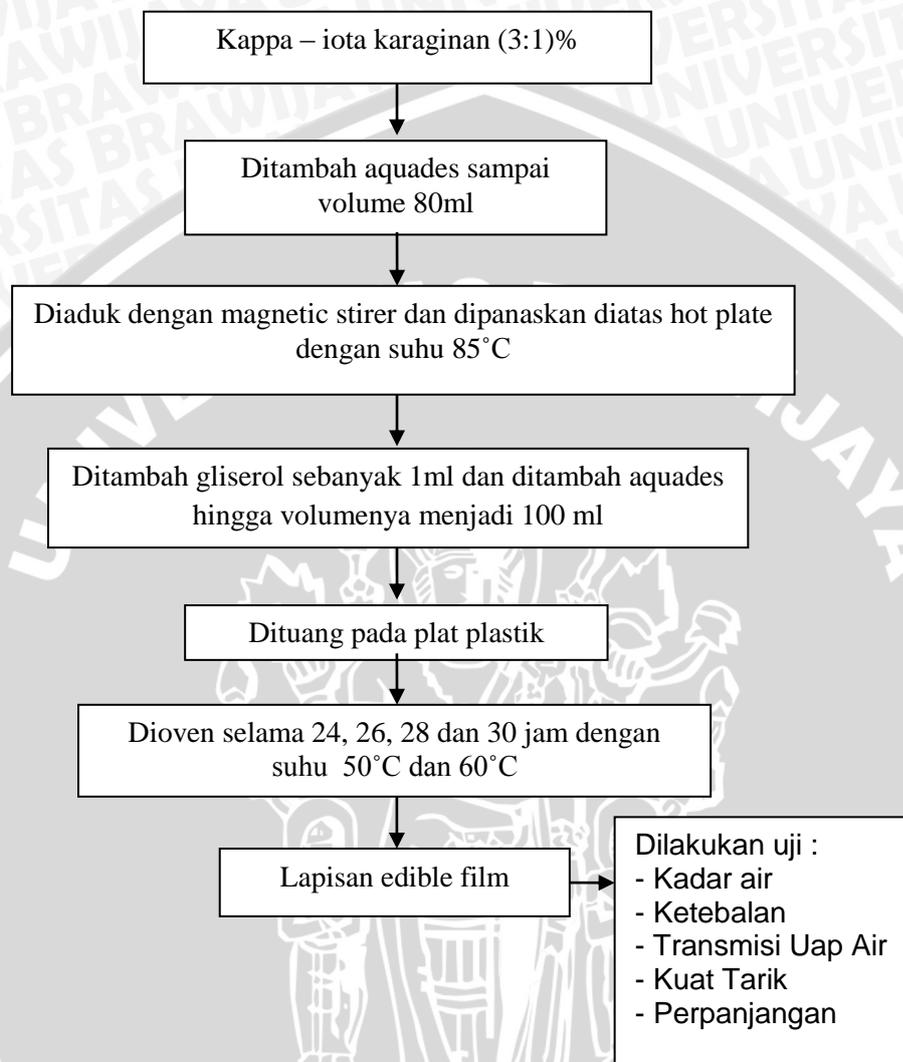
Sumber : (Setijawati, 2011)

Lampiran 3. Prosedur Penelitian Pendahuluan Pembuatan Edible Film  
Campuran Kappa dan Iota Karagenan



Sumber : (Tamaela dan Lewerissa, 2008)

## Lampiran 4. Prosedur Penelitian Utama



## Data Analisis Penelitian Pedahuluan

### Lampiran 5. Perhitungan Analisis Keragaman *Tensile Strength*

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

#### a. Normalitas Data

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

a. Test distribution is Normal.

#### b. Uji Homogenitas Data

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

## c. Sidik Ragam (ANOVA)

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

## d. Uji Lanjut BNT

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

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

e. Pemberian Notasi

Tensile\_strength

Tukey HSD

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

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



Lampiran 6. Perhitungan Analisis Keragaman Perpanjangan (*Elongasi*)

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

## a. Uji Normalitas Data

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

a. Test distribution is Normal.

## b. Uji Homogenitas Data

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

c. Sidik Ragam (ANOVA)

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

d. Uji Lanjut BNT

Multiple Comparisons

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

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

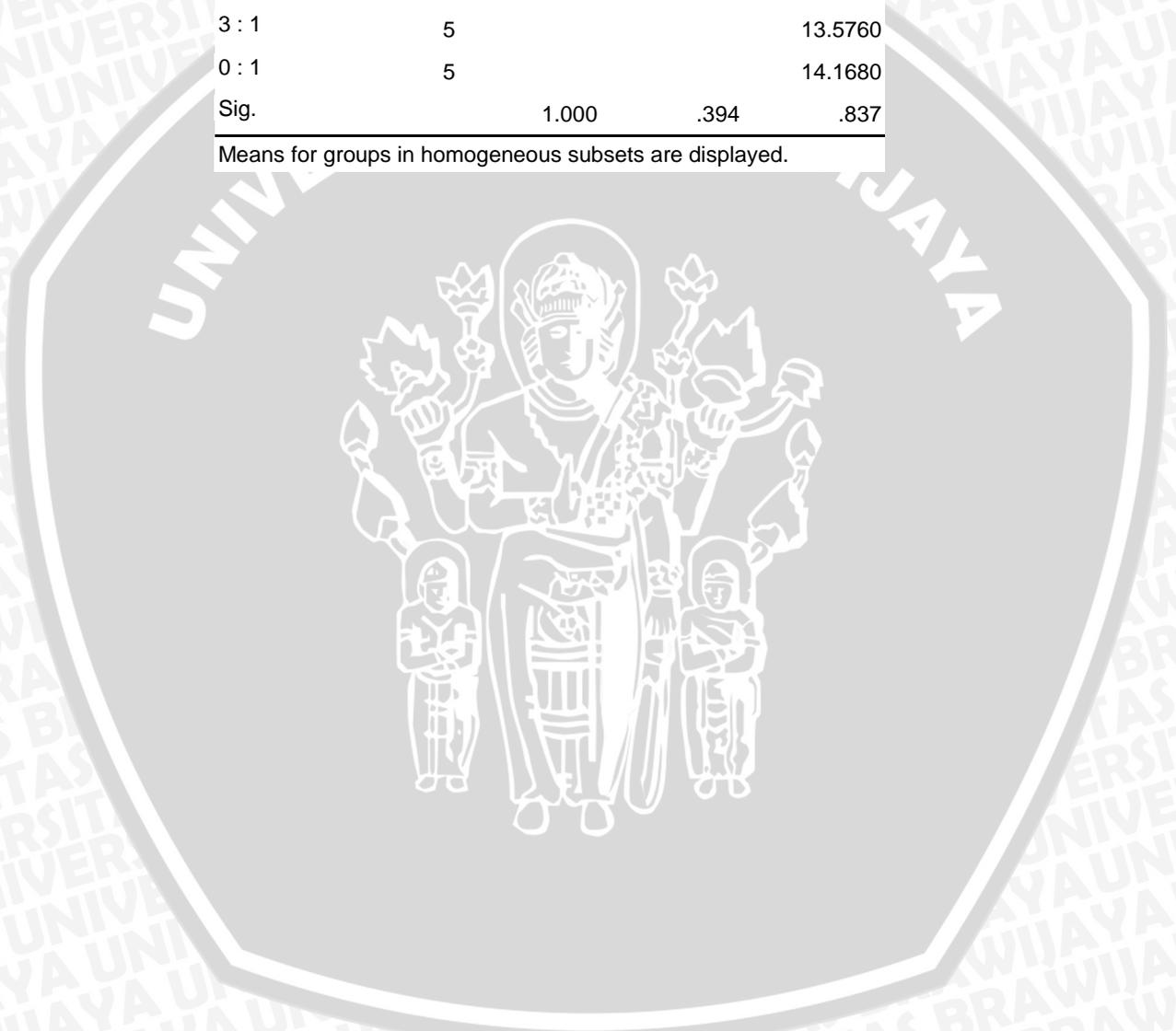
e. Pemberian Notasi

Elongasi

Tukey HSD

Perbandingan_k aragena n	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1 : 0	5	2.5240		
2 : 2	5		7.6640	
1 : 3	5		8.7020	
3 : 1	5			13.5760
0 : 1	5			14.1680
Sig.		1.000	.394	.837

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



## Lampiran 7. Perhitungan Analisis Keragaman Transmisi Uap Air

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

## a. Uji normalitas data

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

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

a. Test distribution is Normal.

**b. Uji homogenitas data**

**Test of Homogeneity of Variances**

Transmisi\_uap\_air

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.579	4	20	.000

**c. Sidik ragam ANOVA**

**ANOVA**

Transmisi\_uap\_air

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



## d. Uji lanjut BNT

## Multiple Comparisons

Transmisi\_uap\_air

Tukey HSD

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

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

**e. Pemberian notasi**

**Transmisi\_uap\_air**

Tukey HSD

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

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



## Lampiran 8. Perhitungan Analisis Keragaman Ketebalan

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

## a. Uji Normalitas Data

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

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

a. Test distribution is Normal.

## b. Uji Homogenitas Data

## Test of Homogeneity of Variances

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

## c. Sidik Ragam (ANOVA)

## ANOVA

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

d. Uji Lanjut BNT

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

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

e. Pemberian Notasi

Ketebalan					
Tukey HSD					
Perbandingan_karagenan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1 : 0	5	71.8120			
0 : 1	5		79.9660		
3 : 1	5		81.4660		
2 : 2	5			88.5420	
1 : 3	5				1.0058E2
Sig.		1.000	.213	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



## Data Analisis Penelitian Utama

### Lampiran 9. Perhitungan Analisis Keragaman Kadar Air

Suhu	Perlakuan Lama Waktu	Ulangan			Total	Rata-rata
		I	II	III		
60°C	24	28,17	24,25	26,36	78,78	26,26
	26	27,06	27,13	26,86	81,05	27,02
	28	27,00	26,41	26,04	79,45	26,48
	30	24,54	23,65	23,65	71,84	23,95
50°C	24	34,46	34,10	35,07	103,63	34,54
	26	30,76	31,65	29,68	92,09	30,70
	28	28,43	29,58	29,46	87,47	29,16
	30	26,75	24,67	27,32	78,74	26,25

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable:kadar\_air

suhu	waktu	Mean	Std. Deviation	N
suhu 50	24	34.5433	.49034	3
	26	30.6967	.98653	3
	28	29.1567	.63217	3
	30	26.2467	1.39486	3
	Total	30.1608	3.22751	12
suhu 60	24	26.2600	1.96191	3
	26	27.0167	.14012	3
	28	26.4833	.48418	3
	30	23.9467	.51384	3
	Total	25.9267	1.51726	12
Total	24	30.4017	4.71380	6
	26	28.8567	2.11184	6
	28	27.8200	1.54843	6
	30	25.0967	1.57190	6
	Total	28.0438	3.28023	24

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:kadar\_air

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	231.625 <sup>a</sup>	7	33.089	33.398	.000	.936
Intercept	18874.846	1	18874.846	1.905E4	.000	.999
suhu	107.569	1	107.569	108.571	.000	.872
waktu	89.736	3	29.912	30.191	.000	.850
suhu * waktu	34.320	3	11.440	11.547	.000	.684
Error	15.852	16	.991			
Total	19122.323	24				
Corrected Total	247.477	23				

a. R Squared = ,936 (Adjusted R Squared = ,908)

kadar_air					
Duncan					
Subset for alpha = 0.05					
interaksi	N	1	2	3	4
suhu 50 waktu 30 jam	3	23.9467			
suhu 60 waktu 30 jam	3		26.2467		
suhu 50 waktu 24 jam	3		26.2600		
suhu 50 waktu 28 jam	3		26.4833		
suhu 50 waktu 26 jam	3		27.0167		
suhu 60 waktu 28 jam	3			29.1567	
suhu 60 waktu 26 jam	3			30.6967	
suhu 60 waktu 24 jam	3				34.5433
Sig.		1.000	.396	.076	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

### Lampiran 10. Perhitungan Analisis Keragaman Ketebalan

suhu	Perlakuan lama waktu	ulangan			total	Rata-rata
		1	2	3		
60°C	24	38,53	37,40	36,27	112,20	37,40
	26	49,10	49,53	49,97	148,60	49,53

	28	38,90	38,78	38,67	116,35	38,78
	30	35,73	35,42	35,10	106,25	35,42
50°C	24	42,07	42,83	42,45	127,35	42,45
	26	35,63	36,27	35,95	107,85	35,95
	28	47,90	46,50	47,20	141,60	47,20
	30	34,10	33,53	33,82	101,45	33,82

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable:ketebalan

suhu	waktu	Mean	Std. Deviation	N
suhu 50	24	42.4500	.38000	3
	26	35.9500	.32000	3
	28	47.2000	.70000	3
	30	33.8167	.28501	3
	Total	39.8542	5.54991	12
suhu 60	24	37.4000	1.13000	3
	26	49.5333	.43501	3
	28	38.7833	.11504	3
	30	35.4167	.31501	3
	Total	40.2833	5.74131	12
Total	24	39.9250	2.86693	6
	26	42.7417	7.44773	6
	28	42.9917	4.63178	6
	30	34.6167	.91662	6
	Total	40.0688	5.52666	24

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:ketebalan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	697.717 <sup>a</sup>	7	99.674	332.713	.000	.993
Intercept	38532.113	1	38532.113	1.286E5	.000	1.000
suhu	1.105	1	1.105	3.689	.073	.187



waktu	272.603	3	90.868	303.318	.000	.983
suhu * waktu	424.009	3	141.336	471.783	.000	.989
Error	4.793	16	.300			
Total	39234.624	24				
Corrected Total	702.511	23				

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,990)

**ketebalan**

Duncan

interaksi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
suhu 50 waktu 30 jam	3	33.8167						
suhu 60 waktu 30 jam	3		35.4167					
suhu 50 waktu 26 jam	3		35.9500					
suhu 60 waktu 24 jam	3			37.4000				
suhu 60 waktu 28 jam	3				38.7833			
suhu 50 waktu 24 jam	3					42.4500		
suhu 50 waktu 28 jam	3						47.2000	
suhu 60 waktu 26 jam	3							49.5333
Sig.		1.000	.250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



## Lampiran 11. Perhitungan Analisis Transmisi Uap Air

suhu	Perlakuan lama waktu	ulangan			total	Rata- rata
		1	2	3		
60°C	24	7,90	7,41	7,66	22,97	7,66
	26	6,45	6,54	7,67	20,66	6,89
	28	6,31	6,1	7,52	19,93	6,64
	30	6,70	6,25	6,30	19,25	6,42
50°C	24	5,67	4,23	4,56	14,46	4,82
	26	6,25	4,21	3,11	13,57	4,52
	28	4,86	3,24	1,62	9,72	3,24
	30	5,44	3,71	1,97	11,12	3,71

## Descriptive Statistics

Dependent Variable: transmisi

suhu	waktu	Mean	Std. Deviation	N
suhu 60	24	7.6567	.24502	3
	26	6.8867	.67988	3
	28	6.6433	.76644	3
	30	6.4167	.24664	3
	Total	6.9008	.67134	12
suhu 50	24	4.8200	.75439	3
	26	4.5233	1.59328	3
	28	3.2400	1.62000	3
	30	3.7067	1.73500	3
	Total	4.0725	1.42227	12
Total	24	6.2383	1.63268	6
	26	5.7050	1.69585	6
	28	4.9417	2.18164	6
	30	5.0617	1.85247	6
	Total	5.4867	1.80826	24

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: transmisi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	55.380 <sup>a</sup>	7	7.911	6.385	.001	.736
Intercept	722.484	1	722.484	583.072	.000	.973
suhu	47.997	1	47.997	38.735	.000	.708
waktu	6.542	3	2.181	1.760	.195	.248
suhu * waktu	.841	3	.280	.226	.877	.041
Error	19.826	16	1.239			
Total	797.690	24				
Corrected Total	75.206	23				

a. R Squared = ,736 (Adjusted R Squared = ,621)



### Lampiran 12. Perhitungan Analisis Keragaman Perpanjangan (*Elongation*)

suhu	perlakuan lama waktu	ulangan			total	Rata - rata
		1	2	3		
50°C	24	12,04	11,35	10,65	34,04	11,35
	26	8,15	8,47	8,70	25,32	8,44
	28	9,30	10,04	10,77	30,11	10,04
	30	9,34	9,42	9,37	28,13	9,38
60°C	24	9,73	9,65	9,69	29,07	9,69
	26	9,65	8,85	9,25	27,75	9,25
	28	8,65	8,36	8,54	25,55	8,52
	30	6,80	6,49	6,65	19,94	6,65

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable:perpanjangan

suhu	waktu	Mean	Std. Deviation	N
suhu 50	24	11.3467	.69501	3
	26	8.4400	.27622	3
	28	10.0367	.73501	3
	30	9.3767	.04041	3
	Total	9.8000	1.19215	12
suhu 60	24	9.6900	.04000	3
	26	9.2500	.40000	3
	28	8.5167	.14640	3
	30	6.6467	.15503	3
	Total	8.5258	1.23020	12
Total	24	10.5183	1.00857	6
	26	8.8450	.53977	6
	28	9.2767	.95801	6
	30	8.0117	1.49871	6
	Total	9.1629	1.35168	24

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:perpanjangan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	39.405 <sup>a</sup>	7	5.629	34.423	.000	.938
Intercept	2015.017	1	2015.017	1.232E4	.000	.999
suhu	9.741	1	9.741	59.566	.000	.788
waktu	19.659	3	6.553	40.072	.000	.883
suhu * waktu	10.005	3	3.335	20.393	.000	.793
Error	2.617	16	.164			
Total	2057.039	24				
Corrected Total	42.022	23				

a. R Squared = ,938 (Adjusted R Squared = ,910)

perpanjangan

Duncan

Subset for alpha = 0.05						
interaksi	N	1	2	3	4	5
suhu 60 waktu 30 jam	3	6.6467				
suhu 50 waktu 26 jam	3		8.4400			
suhu 60 waktu 28 jam	3		8.5167			
suhu 60 waktu 26 jam	3			9.2500		
suhu 50 waktu 30 jam	3			9.3767	9.3767	
suhu 60 waktu 24 jam	3			9.6900	9.6900	
suhu 50 waktu 28 jam	3				10.0367	
suhu 50 waktu 24 jam	3					11.3467
Sig.		1.000	.819	.224	.075	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.



### Lampiran 13. Perhitungan Analisis Keragaman Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

suhu	perlakuan		ulangan			total	Rata - rata
	lama waktu	1	2	3			
60°C	24	13,76	13,05	12,71	39,52	13,17	
	26	9,67	8,15	9,86	27,68	9,23	
	28	9,21	8,04	8,89	26,14	8,71	
	30	5,69	7,57	9,45	22,71	7,57	
50°C	24	8,45	7,34	8,59	24,38	8,13	
	26	8,76	7,89	7,53	24,18	8,06	
	28	9,50	7,47	10,25	27,22	9,07	
	30	7,46	6,23	7,82	21,51	7,17	

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable:tensile\_strength

suhu	waktu	Mean	Std. Deviation	N
suhu 60	24	13.1733	.53575	3
	26	9.2267	.93725	3
	28	8.7133	.60468	3
	30	7.5700	1.88000	3
	Total	9.6708	2.40296	12
suhu 50	24	8.1267	.68486	3
	26	8.0600	.63238	3
	28	9.0733	1.43827	3
	30	7.1700	.83373	3
	Total	8.1075	1.07485	12
Total	24	10.6500	2.81835	6
	26	8.6433	.95899	6
	28	8.8933	1.00627	6
	30	7.3700	1.31901	6
	Total	8.8892	1.98788	24

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:tensile\_strength

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	73.492 <sup>a</sup>	7	10.499	9.656	.000	.809
Intercept	1896.415	1	1896.415	1.744E3	.000	.991
suhu	14.664	1	14.664	13.487	.002	.457
waktu	32.813	3	10.938	10.060	.001	.654
suhu * waktu	26.015	3	8.672	7.976	.002	.599
Error	17.396	16	1.087			
Total	1987.304	24				
Corrected Total	90.889	23				

a. R Squared = ,809 (Adjusted R Squared = ,725)

tensile_strength				
Duncan				
Subset for alpha = 0.05				
interaksi	N	1	2	3
suhu 50 waktu 30 jam	3	7.1700		
suhu 60 waktu 30 jam	3	7.5700	7.5700	
suhu 50 waktu 26 jam	3	8.0600	8.0600	
suhu 50 waktu 24 jam	3	8.1267	8.1267	
suhu 60 waktu 28 jam	3	8.7133	8.7133	
suhu 50 waktu 28 jam	3	9.0733	9.0733	
suhu 60 waktu 26 jam	3		9.2267	
suhu 60 waktu 24 jam	3			13.1733
Sig.		.062	.101	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 14. Pembuatan Kappa Karaginan



Penimbangan rumput laut *Eucheuma cottonii*



Pembuatan pasta rumput laut



Pemberian KOH



Diekstraksi selama 2 jam





Penambahan KCL pada 30 menit terakhir Ekstraksi kedua



Diperas hingga pH turun

Dikeringkan hingga kering

BRAWIJAYA



Lampiran 15. Dokumentasi pembuatan iota karaginan



Penimbangan rumput laut *Eucheuma spinosum*



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



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



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





Dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam

Pencucian rumput laut dengan air mengalir



Rumput laut dikeringkan hingga kering



Lampiran 16. Dokumentasi pembuatan *edible film*



Penimbangan karaginan



Pemberian 80 mL aquades



Pemanasan larutan



Penambahan *plasticizer*



Penyaringan larutan *edible*



Penuangan *edible* dalam plat plastik

Lampiran 17. Dokumentasi uji mekanik



Pemotongan *edible film*



Alat untuk uji *tensile strength*



Alat uji *tensile strength* dan perpanjangan



Diukur hingga *edible film* putus



Alat untuk uji ketebalan



Pengukuran ketebalan edible film

**Lampiran18. Dokumentasi uji transmisi uap air**



Penimbangan beaker glass



Pemotongan edible film



Penambahan aquades



Penimbangan edible film



beaker glass dimasukkan desikator



Diamati selama 24 jam

### Lampiran19. Dokumentasi uji kadar air



Penimbangan botol timbang kecil

sampel *edible film* dipotong kecil-kecil



Dioven selama 3 jam  
menit



Dimasukkan desikator selama 15



Penimbangan botol timbang dan sampel

