

**PENGARUH PENGGUNAAN JENIS DAN KONSENTRASI *PLASTICIZER*
TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN
KAPPA IOTA KARAGINAN DAN KITOSAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus
monodon*)**

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

Oleh:

**RAHAYU PUTI MAYANG SARI
115080301111034**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**PENGARUH PENGGUNAAN JENIS DAN KONSENTRASI PLASTICIZER
TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN
KAPPA IOTA KARAGINAN DAN KITOSAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus
monodon*)**

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

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

Oleh:

**RAHAYU PUTI MAYANG SARI
NIM. 115080301111034**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

SKRIPSI

PENGARUH PENGGUNAAN JENIS DAN KONSENTRASI *PLASTICIZER*
TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN CAMPURAN
KAPPA IOTA KARAGINAN DAN KITOSAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus*
monodon)

Oleh :

RAHAYU PUTI MAYANG SARI

NIM. 115080301111034

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 05 Agustus 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. : _____

Tanggal : _____

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP.)

NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Titik Dwi Sulistiyati, MP.)

NIP. 19581231 128601 2 002

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Dwi Setijawati, M. Kes.)

NIP. 19611022 198802 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS.)

NIP. 19600322 198601 1 001

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Jurusan,

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS.)

NIP. 196208051986032001

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, 12 Agustus 2015

Mahasiswa

Rahayu Puti Mayang Sari

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesainya penulisan laporan skripsi ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan jalan dan kemudahan dalam menjalankan penelitian skripsi serta penyusunan laporan skripsi sampai selesai.
2. Ibu, Ayah serta kakak Dwi Putri Rahayu dan Susetyo Adi Wibowo yang telah memberikan do'a dan semangat serta selalu membantu dalam segala hal.
3. Ibu Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes. sebagai pembimbing I, atas bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini sehingga dapat terselesaikannya laporan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam, MS. selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini sehingga dapat terselesaikannya laporan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP. sebagai dosen penguji I yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk hadir sebagai penguji dalam ujian skripsi penulis, beserta bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Ir. Titik Dwi Sulistiati, MP. selaku dosen penguji II yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk hadir sebagai penguji dalam ujian skripsi penulis, beserta bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
7. Ficky Aditya Romansya penyemangat setia yang selalu membantu dimanapun dan kapanpun.
8. Estin, Ied, Ella, Fafa, Nila, Putri dan yolanda yang selalu menemani di kampus, dan teman-teman THP '11 khususnya teman-teman satu tim edible film yaitu Novi, Nafis, dan Abdi.

RAHAYU PUTI MAYANG SARI Pengaruh Penggunaan Konsentrasi Dan Jenis *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*) (di bawah bimbingan **Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes.** dan **Dr. Ir. Happy Nursyam, MS.**)

Karaginan adalah hasil ekstraksi dari rumput laut alga merah (*rhodophyceae*) yang memiliki sifat pembetuk gel. Sebagian besar karaginan mengandung natrium, magnesium, dan kalsium yang dapat terikat pada gugus ester sulfat dari galaktosa dan kopolimer 3,6-anhydro-galaktosa. Gel yang terbentuk dari kappa karaginan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak, sedangkan gel yang terbentuk dari jenis iota karaginan berwarna lebih jernih dibandingkan kappa dan mempunyai tekstur empuk dan elastis.

Kitosan memiliki gugus fungsi amin, gugus hidroksil primer dan sekunder, dengan adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga kitosan merupakan bahan pencampur yang ideal. Selain itu kitosan merupakan turunan kitin, polisakarida paling banyak di bumi setelah selulosa, bersifat hidrofobik serta dapat membentuk *film* dan membran dengan baik.

Edible film tanpa penambahan *plasticizer* bersifat rapuh dan tidak elastis sehingga kemampuan *edible film* tersebut untuk mulur menjadi berkurang. Kerapuhan dari *edible film* paling ditentukan oleh kekuatan interaksi polimer-polimer, yang dikontrol oleh sifat kimia polimer dan penambahan *plasticizer*.

Edible film merupakan lapisan tipis yang ditempatkan pada antara komponen makanan. Penggunaan *edible film* untuk pengemasan produk-produk pangan seperti sosis, buah-buahan dan sayuran segar dapat memperlambat penurunan mutu, karena *edible film* dapat berfungsi sebagai penahan difusi gas oksigen, karbondioksida dan uap air serta komponen flavor, sehingga mampu menciptakan kondisi atmosfir internal yang sesuai dengan kebutuhan produk yang dikemas.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan *plasticizer* gliserol dan sorbitol terhadap karakteristik *edible film* yang baik dan berapa konsentrasi *plasticizer* yang tepat untuk menghasilkan karakteristik *edible film* yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis *plasticizer* yang terbaik antara gliserol dan sorbitol, serta untuk mengetahui konsentrasi *plasticizer* yang tepat pada pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa, iota karaginan dan kitosan sehingga menghasilkan *edible film* dengan kualitas terbaik.

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

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda antara gliserol dan sorbitol memberikan pengaruh peningkatan terhadap karakteristik fisik *edible film* yaitu nilai transmisi uap air, ketebalan, dan perpanjangan. Serta memberikan pengaruh penurunan terhadap sifat *tensile strength* (kuat tarik) pada *edible film*. *Plasticizer* yang terpilih untuk karakteristik *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan perbandingan 2:1:1 yaitu 1 g kappa, 0,5 g iota dan 0,5 g kitosan adalah *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi sebesar 0,5% (0,5 mL) yaitu dengan nilai kadar air 0,945%, nilai transmisi uap air 43,90 g/m².jam, nilai ketebalan 59,10 µm, nilai perpanjangan 5,15 %, dan nilai *tensile strength* 19,32 N/mm².

KATA PENGANTAR

Segala puji dan ucapan syukur kami panjatkan kepada ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi sebagai salah satu syarat kelulusan di Universitas Brawijaya khususnya pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dengan judul Pengaruh Penggunaan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Campuran Kappalota Karaginan dan Kitosan Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*). Pada skripsi ini disajikan tulisan dalam pokok-pokok bahasan yang meliputi pendahuluan pada bab I, tinjauan pustaka pada bab II, materi dan metode penelitian pada bab III, hasil dan pembahasan pada bab IV, serta kesimpulan dan saran pada bab V.

Penulis menyadari dalam laporan ini tentunya ada kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran sehingga dapat menjadi lebih sempurna. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan bagi pembaca pada umumnya.

Malang, 12 Agustus 2015



Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Hipotesis.....	5
1.5 Kegunaan.....	5
1.6 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Rumput Laut.....	7
2.1.1 <i>Eucheuma cottonii</i>	7
2.1.2 <i>Eucheuma spinosum</i>	8
2.2 Karaginan.....	9
2.2.1 Kappa Karaginan.....	10
2.2.2 Iota Karaginan.....	11
2.3 Udang Windu (<i>Panaeus monodon</i>).....	12
2.5 <i>Edible Film</i>	14
2.6 <i>Plasticizer</i>	16
2.6.1 Gliserol.....	17
2.6.2 Sorbitol.....	18
2.7 Mekanisme Penambahan <i>Plasticizer</i> pada <i>Edible Film</i>	19
2.8 Parameter Kualitas <i>Edible Film</i>	20
2.8.1 Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	20
2.8.2 Ketebalan.....	20
2.8.3 Perpanjangan (Elongasi).....	21
2.8.4 Transmisi Uap Air.....	21
2.8.5 Kadar Air.....	22
3. METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Materi Penelitian.....	23
3.1.1 Bahan Penelitian.....	23
3.1.2 Alat Penelitian.....	23
3.2 Metode Penelitian.....	24
3.2.1 Metode.....	24
3.2.2 Variabel.....	24
3.2.3 Penelitian Pendahuluan.....	24
3.2.3.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Pendahuluan.....	25
3.2.3.2 Prosedur Penelitian Pendahuluan.....	26
3.2.4 Penelitian Utama.....	29
3.2.4.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Utama.....	29
3.2.4.2 Prosedur Penelitian Utama.....	30
3.2.5 Parameter Uji.....	31
3.2.5.1 Uji Kadar Air.....	31

3.2.5.2 Transmisi Uap Air	31
3.2.5.3 Ketebalan	32
3.2.5.4 Perpanjangan (<i>Elongasi</i>)	32
3.2.5.5 Renggang Putus (<i>Tensile Strenght</i>)	32
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Bahan Baku	34
4.1.1 Rumput Laut	34
4.1.2 Karaginan	34
4.1.3 Cangkang Udang	36
4.1.4 Kitosan	36
4.2 Penelitian Pendahuluan	38
4.2.1 Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	39
4.2.2 Perpanjangan (<i>elongasi</i>)	40
4.2.3 Transmisi Uap Air	41
4.2.4 Ketebalan	42
4.3 Penelitian Utama	43
4.4 Sifat Fisik dan Kimia <i>Edible Film</i>	44
4.4.1 Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	44
4.4.2 Perpanjangan	46
4.4.3 Transmisi Uap Air	47
4.4.4 Ketebalan	49
4.4.5 Kadar Air	50
4.5 Perlakuan Terpilih	51
5. KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Euchema cottonii</i>	7
Gambar 2 <i>Eucheuma spinosum</i>	8
Gambar 3 Struktur Iota Karaginan.....	12
Gambar 4 Kulit udang windu	12
Gambar 5. Struktur Kitosan	13
Gambar 6. Struktur Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$).....	19
Gambar 7 Spektra Kappa Karaginan	35
Gambar 8 Spektra Iota Karaginan.....	35
Gambar 9 Spektra Kitosan	37
Gambar 10. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap <i>tensile strength edible film</i>	39
Gambar 11. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap perpanjangan <i>edible film</i>	40
Gambar 12. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap transmisi uap air <i>edible film</i>	41
Gambar 13. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap ketebalan <i>edible film</i>	42
Gambar 14. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap kuat tarik <i>edible film</i>	44
Gambar 15. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap perpanjangan <i>edible film</i>	46
Gambar 16. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap transmisi uap air <i>edible film</i>	48
Gambar 17. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap ketebalan <i>edible film</i>	49
Gambar 18. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> Terhadap kadar air <i>edible film</i>	51
Gambar 19. Mikrostruktur <i>edible film</i> campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan dengan <i>plasticizer</i> sorbitol konsentrasi 0,5%. (a) Perbesaran 1000X, (b) Perbesaran 2000X, (c) Perbesaran 3000X.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Daya kelarutan karaginan pada berbagai media pelarut.....	10
Tabel 2 Standar Mutu <i>Edible film</i>	15
Tabel 3. Formulasi <i>Edible Film</i> Kappa Iota Karaginan dan Kitosan pada Penelitian Pendahuluan.....	25
Tabel 4.Rancangan percobaan penelitian pendahuluan	26
Tabel 5 Rancangan Percobaan Penelitian Utama.....	30
Tabel 6 Hasil Uji Karakteristik <i>Edible Film</i> Penelitian Pendahuluan	38
Tabel 7 Hasil Uji Karakteristik <i>Edible Film</i> dengan <i>Plasticizer</i> Berbeda.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Karaginan dari <i>Eucheuma cottonii</i> Metode Gel Press.....	62
Lampiran 2. Pembuatan Karaginan dari <i>Eucheuma spinosum</i> metode PNG ...	63
Lampiran 3. Skema Kerja Pembuatan Kitosan dari Cangkang Udang Windu (<i>Panaeus monodon</i>).....	64
Lampiran 4. Prosedur Penelitian Pendahuluan Pembuatan <i>Edible Film</i> Campuran Kappalota Karaginan dan Kitosan dengan metode Vojdani dan Torres	65
Lampiran 5. Prosedur Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan <i>Plasticizer</i> Gliserol dan Sorbitol dengan metode Vojdani dan Torres	66
Lampiran 6. Prosedur Analisa Kadar Air	67
Lampiran 7. Prosedur Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	68
Lampiran 8. Analisis Tensile Strength <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan	69
Lampiran 9. Analisis Perpanjangan <i>Edible Film</i> Campuran Kappalota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan	72
Lampiran 10. Analisis Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> Campuran Kappa-Iota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan	75
Lampiran 11. Analisis Ketebalan <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan kitosan pada Penelitian Pendahuluan	78
Lampiran 12. Analisis Kadar Air <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.	81
Lampiran 13. Analisis kuat tarik <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.	83
Lampiran 14. Analisis Perpanjangan <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.	85
Lampiran 15. Analisis Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.	87
Lampiran 16. Analisis Ketebalan <i>Edible Film</i> Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.	89
Lampiran 17. Foto Proses Pembuatan Kappa Karaginan	91
Lampiran 18. Proses Pembuatan Iota Karaginan.....	95
Lampiran 19. Proses Pembuatan Kitosan	97
Lampiran 20. Foto Pembuatan <i>Edible Film</i>	99
Lampiran 21. Dokumentasi Uji Transmisi Uap air	101
Lampiran 22. Dokumentasi Uji Elongasi, Ketebalan dan kuat tarik	102
Lampiran 23. Dokumentasi Hasil lembaran <i>Edible Film</i> dengan Jenis dan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> yang Berbeda	104

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Edible film merupakan suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk untuk melapisi makanan (*coating*) atau berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap perpindahan massa (misalnya, kelembaban, oksigen, cahaya, lipida, zat terlarut) dan atau sebagai pembawa aditif serta untuk meningkatkan penanganan suatu makanan (Tamaela dan Lewerissa, 2008). Menurut Krochta *et al.* (1994), *Edible film* telah diusulkan sebagai alternatif dari kemasan makanan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan produk pangan. Teknologi ini melindungi makanan dari penguapan air dan bertindak sebagai penghalang gas dengan media sekitarnya. Selain itu, *edible film* berfungsi sebagai pembawa senyawa aktif seperti antimikroba, antioksidan dan peningkat tekstur.

Faktor yang mempengaruhi pembentukan *edible film* adalah jenis bahan pembentuk *edible film*, *plasticizer*, dan perlakuan panas (Adikrisna, 2011). Bahan penyusun *edible film* mempengaruhi secara langsung bentuk morfologi maupun karakteristik *film* yang di hasilkan. Komponen utama penyusun *edible film* dibagi menjadi 3 kategori yaitu hidrokoloid, komposit dan lipid (Martins *et al.* 2014).

Salah satu bahan dasar pembuatan *edible film* yaitu karaginan. Menurut Anggradiredja (2006), Karaginan adalah hidrokoloid yang potensial untuk dibuat *edible film* karena sifatnya yang dapat membentuk gel, stabil, serta dapat dimakan. Karaginan terdiri dari dua fraksi yaitu kappa karaginan dan iota karaginan. Kappa karaginan terdapat pada *Kappaphycus alvarezii* yang larut dalam air panas, sedangkan iota karaginan berasal dari jenis *Eucheuma spinosum* larut dalam air dingin (Aslan 1998). Gel yang terbentuk dari kappa karaginan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak, sedangkan

gel yang terbentuk dari jenis iota karaginan berwarna lebih jernih dibandingkan kappa dan mempunyai tekstur empuk dan elastis (Fardiaz, 1989).

Selain karaginan, bahan alami yang baik di aplikasikan untuk pembuatan *edible film* yaitu kulit udang dikarenakan jumlahnya yang melimpah. Indonesia adalah negara kelautan dengan hasil laut yang sangat melimpah, udang adalah salah satu komoditas andalan yang dapat menambah devisa negara dengan nilai ekspor yang cenderung naik dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Kompas, selama ini potensi udang Indonesia rata-rata meningkat sebesar 7,4% per tahun (Focher, *et al.* 1992). Limbah udang memiliki potensi yang besar sebagai penghasil kitin (Synowiecki *et al.* 2003). Kitin dapat diisolasi dan diubah menjadi kitosan melalui proses deasetilasi (Cervera, 2004). Kitin dan kitosan banyak diaplikasikan dalam bidang industri maupun kesehatan.

Kitosan merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pembentuk *edible film*. Kitosan adalah poli 2-amino-2-deoksi- β -D-glukosa, merupakan polisakarida yang diperoleh dari deasetilasi kitin, dimana gugus asetil pada kitin disubstitusi oleh hidrogen menjadi gugus amino dengan penambahan larutan basa kuat berkonsentrasi tinggi. Keunggulan kitosan untuk pembentukan film adalah memiliki sifat antimikroba. Kitosan diketahui aktif terhadap *Staphylococcus aureus* (Fernandez, *et al.* 2008).

Kitosan memiliki gugus fungsi amin, gugus hidroksil primer dan sekunder, dengan adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga kitosan merupakan bahan pencampur yang ideal. Selain itu kitosan merupakan turunan kitin, polisakarida paling banyak di bumi setelah selulosa, bersifat hidrofobik serta dapat membentuk *film* dan membran dengan baik (Dallan *et al.* 2006). Sehingga kitosan berpotensi sebagai bahan campuran dengan kappa iota karaginan pada pembuatan *edible film*.

Penelitian tentang pembuatan *edible film* dengan bahan karaginan telah banyak dilakukan, Pada penelitian yang dilakukan oleh (Elisa, 2014), menunjukkan bahwa *edible film* dengan bahan kappa dan iota karaginan dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 2% menghasilkan karakteristik kuat tarik yang rendah. Selain itu, menurut (Setiani, et al. 2013), karakterisasi *edible film* menunjukkan dengan bertambahnya kitosan maka kuat tarik dan ketahanan air cenderung meningkat. Sehingga pada penelitian ini menggunakan bahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan yang diharapkan dapat menghasilkan karakteristik fisik *edible film* dengan kuat tarik yang lebih baik dan sifat yang tidak rapuh serta elastis.

Secara umum parameter sifat fisik yang penting diukur dan diamati dari *edible film* berbahan dasar kitosan adalah kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), permeabilitas terhadap uap air (uji WVTR, *Water Vapor Transmision Rate*), dan ketebalan dari film tersebut (Katili, et al. 2013).

Menurut (Wittaya 2013), *edible film* yang tidak ditambahkan *plasticizer* cenderung memiliki sifat relatif rapuh. Kerapuhan dari *edible film* paling ditentukan oleh kekuatan interaksi polimer-polimer, yang dikontrol oleh sifat kimia polimer dan penambahan *plasticizer*. Kemudian ditambahkan pada penelitian (Katili et al., 2013), *Edible film* tanpa penambahan gliserol bersifat kaku atau tidak elastis sehingga kemampuan *edible film* tersebut untuk mulur menjadi berkurang, dan berakibat nilai presentase perpanjangan yang di dapat juga kecil/rendah. Pada penelitian pendahuluan yang berbahan kappa,iota karaginan dan kitosan dengan konsentrasi *plasticizer* sorbitol 1% (1 mL) menghasilkan *edible film* dengan nilai transmisi uap air yang tinggi, dan *edible film* dengan karakteristik fisik kaku. Menurut Katili, et al. (2013), peningkatan konsentrasi gliserol dan komposisi kitosan dapat meningkatkan nilai ketebalan, persentase pemanjangan,

dan laju transmisi uap air edible film kitosan. Sehingga pada penelitian ini menggunakan 2 jenis *plasticizer* yaitu gliserol dan sorbitol dengan konsentrasi *plasticizer* dibawah dan diatas 1% yaitu 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% yang diduga dapat menghasilkan edible film dengan karakteristik lebih elastis dan menurunkan nilai transmisi uap air pada edible film, karena menurut Sobral *et al.* (2001), penggunaan *plasticizer* secara umum dapat meningkatkan nilai WVP (*Water Vapour Permeability*). Meningkatnya nilai WVP menunjukkan bahwa kualitas edible film yang dihasilkan semakin buruk.

Penambahan *plasticizer* pada pembuatan edible film mengurangi sifat rapuh film selain itu juga untuk meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan elastisitas film. *Plasticizer* mempengaruhi sifat mekanik dan permeabilitas film. *Plasticizer* mengurangi intermolekuler dan ektramolekuler dalam polimer film menurunkan kerapuhan (Tamaela dan Lewerissa, 2008). Selain itu *plasticizer* gliserol dan sorbitol diduga dapat berperan sebagai media pencampur ketiga bahan pada penelitian ini yaitu kappa iota karaginan dan kitosan, sehingga dapat menghasilkan edible film yang baik tanpa kehilangan salah satu gugus dari ketiga bahan tersebut yang dikarenakan *plasticizer* sorbitol dan gliserol bersifat hidrofilik.

Plasticizer menurunkan gaya inter molekuler dan meningkatkan mobilitas ikatan polimer memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas film. Ketika *plasticizer* menyatu, terjadi beberapa modifikasi struktural di dalam jaringan pati, matriks film menjadi lebih sedikit rapat dan di bawah tekanan, bergerakanya rantai polimer dimudahkan, meningkatkan fleksibilitas film (Rachmawati, 2009).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah pemberian jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda pada pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan berpengaruh terhadap karakteristik *edible film*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis *plasticizer* yang terbaik antara gliserol dan sorbitol, serta untuk mengetahui konsentrasi *plasticizer* yang tepat pada pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa, iota karaginan dan kitosan sehingga menghasilkan *edible film* dengan karakteristik terbaik.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah sebagai berikut:

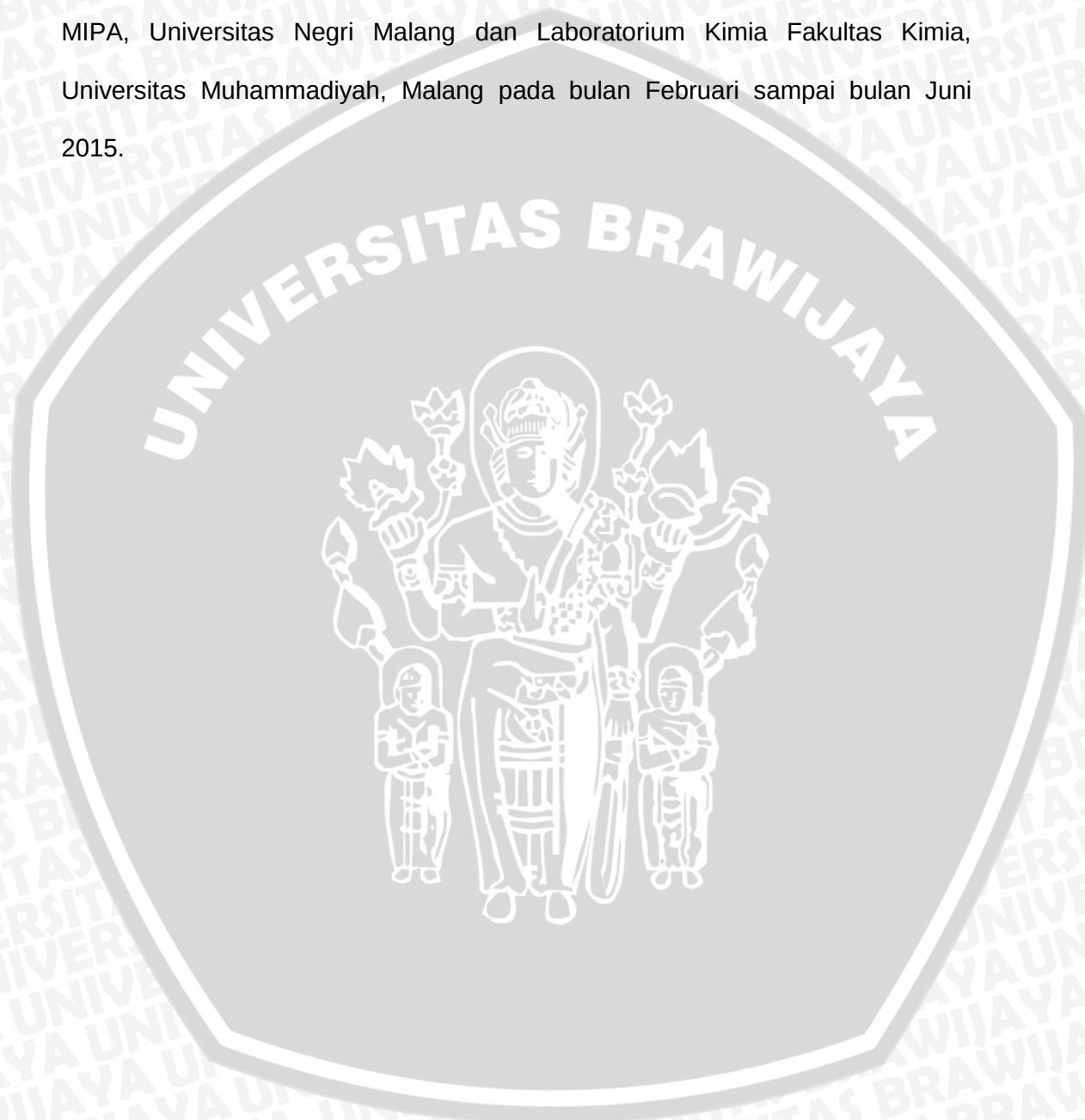
- H0 : Diduga pemberian jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda pada pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa, iota karaginan dan kitosan tidak dapat mempengaruhi karakteristik *edible film*.
- H1 : Diduga pemberian jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda pada pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa, iota karaginan dan kitosan dapat mempengaruhi karakteristik *edible film*.

1.5 Kegunaan

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemberian *plasticizer* yang tepat terhadap karakteristik *edible film* terbaik yang berbahan campuran kappa, iota karaginan dan kitosan.

1.6 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan, Perekayasaan Hasil Perikanan, Laboratorium Nutrisi Ikan, Laboratorium Material Fisika Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Laboratorium Central Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang dan Laboratorium Kimia Fakultas Kimia, Universitas Muhammadiyah, Malang pada bulan Februari sampai bulan Juni 2015.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut

2.1.1 *Eucheuma cottonii*

Ciri fisik *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai *thallus silindris*, permukaan licin, *cartilagenous*. Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah. Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Prasetyowati, et al. 2008).



Gambar 1 *Eucheuma cottonii*

Berdasarkan morfologinya, *Eucheuma cottonii* Dotu memiliki thalus dengan permukaan licin, waktu hidup berwarna hijau hingga kuning kemerahan, dan jika kering akan berwarna kuning kecoklatan. Thalli memiliki bentuk yang bervariasi dengan cabang pertama dan kedua tumbuh membentuk rumput laut yang rimbun dengan ciri khusus menghadap ke arah datangnya sinar matahari (Atmadja et al. 1996).

Ciri fisik *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai *thallus silindris*, permukaan licin, *cartilogeneus*. Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah. Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu

proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Aslan, 1998).

2.1.2 *Eucheuma spinosum*

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

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



Gambar 2 *Eucheuma spinosum*

Eucheuma spinosum dikenal dengan nama ilmiah *Eucheuma muricatum* dan *Eucheuma denticulatum* merupakan penghasil utama iota karaginan. Ciri fisik *Eucheuma spinosum* mempunyai bentuk *thallus* 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. Tanaman tegak karena percabangannya yang rimbun dapat membentuk rumpun. Percabangan *thallus* tumbuh pada bagian yang tua ataupun muda tidak beraturan. Di daerah Cirebon, Solor, Selat Sunda dikenal sebagai rambu kasang, di Madura dikenal sebagai bulung agar dan di Pulau Seribu dikenal sebagai agar patah tulang (Atmadja et al. 1996).

2.2 Karaginan

Karaginan merupakan kelompok polisakarida galaktosa yang diekstraksi dari rumput laut. Sebagian besar karaginan mengandung natrium, magnesium, dan kalsium yang dapat terikat pada gugus ester sulfat dari galaktosa dan kopolimer 3,6-anhydro-galaktosa. Karaginan banyak digunakan pada sediaan makanan, sediaan farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, pengental atau penstabil (Nehen, 1987).

Karaginan merupakan polisakarida sulfat, diekstrak dari beberapa spesies rumput laut merah (*Rhodophyceae*). Berdasarkan kandungan sulfatnya, karaginan diklasifikasikan menjadi kappa, iota dan lamda dengan jumlah sulfatnya berturut-turut 20%, 33% dan 42% (Villanueva *et al.* 2004).

Menurut Hellebust dan Cragie (1978), karaginan terdapat dalam dinding sel rumput laut atau matriks intraselulernya dan karaginan merupakan bagian penyusun yang besar dari berat kering rumput laut dibandingkan dengan komponen yang lain. Jumlah dan posisi sulfat membedakan macam-macam polisakarida *Rhodophyceae*, seperti yang tercantum dalam Federal Register, polisakarida tersebut harus mengandung 20% sulfat berdasarkan berat kering untuk diklasifikasikan sebagai karaginan. Berat molekul karaginan tersebut cukup tinggi yaitu berkisar 100 – 800 ribu. Daya kelarutan karaginan pada berbagai media pelarut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Daya kelarutan karaginan pada berbagai media pelarut

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

Sumber: (Kasim, 2013)

Stabilitas maksimum karaginan dalam larutan berada pada pH 9 dan akan terhidrolisis pada pH di bawah 3,5. Pada pH 6 atau lebih umumnya larutan karaginan dapat mempertahankan proses produksi karaginan. Hidrolisis asam akan terjadi jika karaginan berada dalam bentuk larutan, hidrolisis akan meningkat sesuai dengan peningkatan suhu. Viskositas larutan karaginan akan menurun jika pH-nya diturunkan di bawah 4,3. Kappa dan iotakaraginan dapat digunakan sebagai pembentuk gel pada pH rendah, tetapi tidak mudah terhidrolisis sehingga tidak dapat digunakan dalam pangan (Kasim, 2013).

2.2.1 Kappa Karaginan

Kappa karaginan adalah polimer hidrofilik yang terdiri dari polisakarida struktural utama dari banyak spesies rumput laut *Eucheuma*. Mereka terdiri dari d-galaktosa unit terkait bergantian dengan α (1,3) -d-galaktosa-4-sulfat dan β (1-4) -3,6-anhydro-d-galaktosa. Mirip dengan polisakarida lain, penyinaran hasil k-karaginan mengalami penurunan drastis dari berat molekul rata-rata (Mw). (Abad *et al.* 2009).

Menurut Pebrianata (2005), kappa karaginan jika dimasukkan ke dalam air dingin akan membesar membentuk sebaran kasar yang memerlukan pemanasan sampai 70°C untuk melarutkannya. Suhu pembetukan gel dan

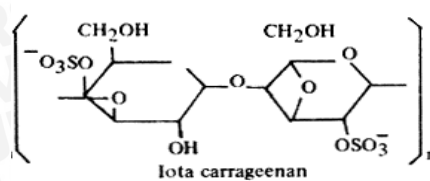
kualitas gel dipengaruhi oleh konsentrasi, jumlah dan adanya ion-ion logam seperti K^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Sr^{++} dan Ba^{++} . Secara umum karaginan membentuk gel yang keras pada suhu antara $45^\circ C$ dan $65^\circ C$ dan meleleh kembali jika dinaikkan sampai $10-20^\circ C$ dari suhu yang telah ditetapkan tadi. Gel yang lebih lemah terbentuk jika terdapat ion NH_4^+ , Ca^{++} , Sr^{++} dan Ba^{++} . Kappa karaginan mempunyai tipe gel yang *rigid* atau mudah pecah dicirikan dengan tingginya sineresis, yaitu adanya aliran cairan pada permukaan gel. Aliran ini berasal dari pengerutan gel sebagai akibat meningkatnya gumpalan pada daerah penghubung. Sineresis tergantung pada konsentrasi kation-kation yang ada dan harus dicegah dalam jumlah yang berlebih. Gel yang terbentuk dari kappa karaginan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak.

2.2.2 Iota Karaginan

Iota karaginan merupakan jenis karaginan dengan kandungan sulfat berada di antara lamda dan kappa karaginan. Iota karaginan dapat membentuk gel dengan sifat yang elastis. Iota karaginan ditandai dengan adanya ikatan 1,3-D-galaktosa-4-sulfat dan ikatan 1,4 dari unit 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat. Iota karaginan terbentuk karena hilangnya sulfat pada atom C6 dari (nu)-karaginan sehingga terbentuk 3,6-anhidro-D-galaktosa yang selanjutnya menjadi iota karaginan (Glicksman, 1983).

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

Struktur Iota Karaginan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Struktur Iota Karaginan
Sumber : Imenson, (2000)

2.3 Udang Windu (*Panaeus monodon*)

Menurut Soetomo (1988), klasifikasi udang windu (*Panaeus monodon* Fab.) adalah sebagai berikut :

Phyllum	: Arthropoda
Subphyllum	: Mandibulata
Classis	: Crustacea
Subclassis	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Subordo	: Natantia
Familia	: <i>Penaeidae</i>
Genus	: <i>Panaeus</i>
Species	: <i>Panaeus monodon</i> Fabricius



Gambar 4 Kulit udang windu

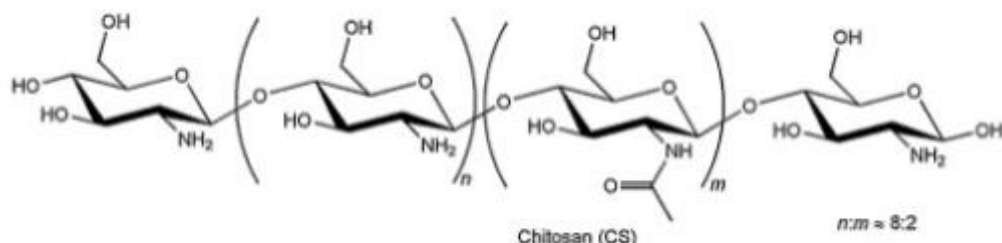
Udang windu hidup di dasar perairan, tidak menyukai cahaya terang dan bersembunyi di lumpur pada siang hari, bersifat kanibal terutama dalam keadaan lapar dan tidak ada makanan yang tersedia, mempunyai ekskresi amonia yang cukup tinggi dan untuk pertumbuhan diperlukan pergantian kulit (*moulting*) (Sumeru dan Suzy, 1992). Pada saat proses pergantian kerangka baru inilah udang tumbuh dengan pesatnya dan menyerap air lebih banyak sampai kulit luar yang baru mengeras (Dahril dan Ahmad, 1989).

Limbah udang yang dihasilkan oleh usaha pengolahan udang berasal dari kepala, kulit dan ekornya. Kulit udang mengandung protein 25 - 40%, kalsium karbonat 45 - 50%, dan khitin 15 - 20%, tetapi besarnya kandungan komponen tersebut tergantung pada jenis udang dan tempat hidupnya (Marganov, 2003).

2.4 Kitosan

Kitosan adalah produk deasetilasi kitin yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin dengan bobot molekul $2,5 \times 10^5$ Dalton dan rumus kimia poli(2- amino-2-deoksi-D-Glukosa), memiliki rumus molekul $[C_6H_{11}NO_4]_{n(2)}$. Kitosan sedikit larut dalam asam klorida, serta larut baik dalam asam lemah, seperti asam formiat dan asam asetat. Beberapa diantara keunggulan kitosan yakni mempunyai massa molekul besar sehingga memiliki daya absorpsi besar dan non toksik (Pebriani, 2012).

Kitosan merupakan biopolimer alami yang menarik disebabkan adanya gugus amino reaktif dan grup fungsional hidroksil. Kitosan memiliki karakteristik biokompatibilitas yang diinginkan serta kemampuan untuk meningkatkan permeabilitas membran. Oleh karenanya kitosan merupakan salah satu matriks imobilisasi yang paling menjanjikan karena memiliki kemampuan membentuk membran, sifat adhesi yang baik, harga murah, tidak beracun, kekuatan mekanis dan hidrofilitas yang tinggi serta perbaikan stabilitas (Nakorn dan Erdawati, 2008). Struktur Kitosan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kitosan
Sumber: Rodriguez et al. 2012

2.5 Edible Film

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis bahan yang dapat dikonsumsi dan memberikan penghalang untuk kelembaban, oksigen dan gerakan zat terlarut untuk makanan. Materi yang dapat menjadi lapisan makanan lengkap atau bisa dibuang sebagai lapisan kontinyu antara makanan komponen (Guilbert, 1986). Menurut Krotcha (1997), *Edible film* dapat bergabung dengan bahan tambahan makanan untuk mempertinggi kualitas warna, aroma, dan tekstur produk, serta untuk mengontrol pertumbuhan mikroba.

Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (campuran). Kelompok hidrokoloid yang banyak digunakan adalah protein (gelatin, kasein, protein kedele, protein jagung dan gluten gandum) dan karbohidrat (pati, alginat, pektin, gum arab dan modifikasi karbohidrat lainnya), lipid yang digunakan misalnya lilin/wax, asilgliserol dan asam lemak. Sedangkan komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokoloid dan lipid (Danhowe and Fennema, 1994).

Fungsi dari *edible film* sebagai penghambat perpindahan uap air, menghambat pertukaran gas, mencegah kehilangan aroma, mencegah perpindahan lemak, meningkatkan karakteristik fisik, dan sebagai pembawa zat aditif. *Edible film* yang terbuat dari lipida dan juga film dua lapis (bilayer) ataupun campuran yang terbuat dari lipida dan protein atau polisakarida pada umumnya baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air dibandingkan dengan *edible film* yang terbuat dari protein dan polisakarida dikarenakan lebih bersifat hidrofobik (Hui, 2006).

Hidrokoloid digunakan sebagai *edible film* untuk produk pangan yang tidak sensitif terhadap uap air. Hidrokoloid dapat mencegah reaksi-reaksi kerusakan pada produk pangan dengan jalan menghambat gas-gas reaktif terutama oksigen dan karbon dioksida. Bahan ini juga tahan terhadap lemak

karena sifatnya yang polar. Sebagian *edible film* yang berasal dari bahan hidrokoloid dapat dilarutkan, dengan demikian sangat baik diterapkan pada produk-produk yang memerlukan perebusan/pengukusan sebelum digunakan Krochta *et al.* (1994).

Penggunaan *edible film* untuk pengemasan produk-produk pangan seperti sosis, buah-buahan dan sayuran segar dapat memperlambat penurunan mutu, karena *edible film* dapat berfungsi sebagai penahan difusi gas oksigen, karbondioksida dan uap air serta komponen flavor, sehingga mampu menciptakan kondisi atmosfir internal yang sesuai dengan kebutuhan produk yang dikemas (Krotcha *et al.* 1997).

Menurut Safitri *et al.* (2014), *edible film* yang baik untuk bahan pengemas yaitu film yang terlihat transparan, lunak, tidak memiliki bau dan tidak berwarna. Selain itu, *edible film* yang baik memiliki kemampuan menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya. Standar mutu *Edible Film* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Standar Mutu *Edible film*

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

Sumber: (SNI, 2004)

2.6 Plasticizer

Plasticizer adalah bahan tambahan yang ditambahkan pada polimer alami sebagai bahan pemlastis, karena campuran polimer alami murni akan menghasilkan sifat yang getas dan rapuh sehingga akan menambah fleksibilitas dan menghindarkan polimer dari retakan (Vieira, *et al.* 2011).

Plasticizer merupakan salah satu bahan tambahan dalam pembuatan *edible film* yang berfungsi untuk menambah sifat elastisitas. Salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis film karena memiliki berat molekul yang kecil (Huri dan Nisa, 2014).

Menurut Yoshida, dkk (2004), plastik *edible* yang dibentuk dari polimer murni bersifat rapuh sehingga digunakan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Plastik kitosan dengan penambahan bahan tambahan *plasticizer* mempunyai sifat lebih fleksibel dari pada film tanpa *plasticizer*.

Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi *plasticizer*. *Plasticizer* dari golongan polihidrik alkohol atau poliol di antaranya adalah gliserol dan sorbitol.

Plasticizer sering digunakan untuk memperbaiki sifat elastisitas dan mengurangi sifat *barrier* film dari pati (Gontard *et al.* 1993). McHugh dan Krochta (1994), menyatakan bahwa poliol seperti sorbitol dan gliserol adalah *plasticizer* yang cukup baik untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekul. Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, sehingga dihasilkan film dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah bila dibandingkan dengan menggunakan gliserol.

2.6.1 Gliserol

Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentukan film yang bersifat hidrofobik seperti pati. Gliserol dapat meningkatkan penyerapan molekul polar seperti air. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas film. Gliserol (gliserin) merupakan senyawa poliol sederhana. Ini adalah tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental yang banyak digunakan dalam formulasi farmasi (Sinaga *et al.* 2013).

Gliserol terdapat dalam bentuk campuran lemak hewan atau minyak tumbuhan. Gliserol jarang ditemukan dalam bentuk lemak bebas. Tetapi biasanya terdapat sebagai trigliserida yang tercampur dengan bermacam-macam asam lemak, misalnya asam stearat, asam palmitat, asam laurat serta sebagian lemak. Beberapa minyak dari kelapa, kelapa sawit, kapok, lobak dan zaitun menghasilkan gliserol dalam jumlah yang lebih besar dari pada beberapa lemak hewan *tallow* maupun *lard*. Gliserol juga terdapat secara ilmiah sebagai trigliserida pada semua jenis hewan dan tumbuhan dalam bentuk lipida sebagai *lecitin* dan *chepalins* (Mirzayanti, 2013).

Penambahan gliserol pada matrik film sangat diperlukan, karena gliserol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hidrogen pada matrik ikatan intermolekuler. Kemampuan ini menjadikan gliserol sebagai *plasticizer* dan penambahan dalam *edible film* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh film (Santoso *et al.* 2011).

Gliserol banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia, farmasi, dan kosmetika. *Syntetic glyserol* dari *petrochemical hydrocarbon* memenuhi 40% dari kebutuhan pasar, sedangkan sisanya diperoleh dari *recovery* gliserol sebagai produk samping dari cairan sabun dengan penyulingan dan sebagai

bahan baku utama adalah produk oleochemical lain yang menggunakan lemak dan minyak alam (Mirzayanti, 2013).

2.6.2 Sorbitol

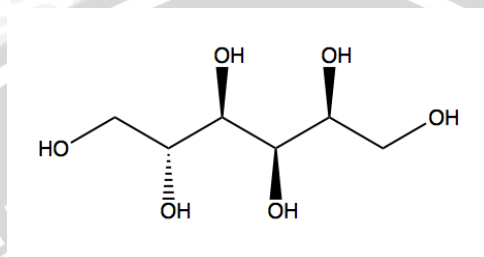
Sorbitol merupakan polihidrat yang serupa dengan gliserin dan merupakan gula alkohol yang mudah larut dalam air. Sorbitol secara komersial dibuat dari glukosa yang dihidrogenasi tekanan tinggi atau reduksi elektrolit melalui reaksi kimia. Konversi glukosa ke dalam bentuk sorbitol merupakan reaksi adisi dua unsur hidrogen terhadap aldosa (glukosa) melalui pemutusan ikatan rangkap C dan O pada gugus fungsional aldehyd. Sebagai gula alkohol sorbitol digunakan untuk alternatif bahan pemanis yang tidak meningkatkan kadar gula dalam darah, seperti halnya fruktosa dimana fruktosa tidak hanya untuk penderita diabetes tetapi juga digunakan untuk produk minuman ringan (*soft drink*), sirup, *jelly*, jam, *coctail*, dan sebagainya.

Sorbitol digunakan sebagai suatu humektan (pelembab) pada berbagai jenis produk sebagai pelindung melawan hilangnya kandungan moisture. Dengan sifat tekstur dan kemampuan untuk menstabilisasi kelembaban, sorbitol banyak digunakan untuk produksi permen, roti dan cokelat dan produk yang dihasilkan cenderung menjadi kering atau mengeringkan. Sorbitol bersifat non-cariogenik (tidak menyebabkan kanker) dan berguna bagi orang-orang penderita diabetes (Smith, 1991).

Secara kimiawi sorbitol sangat tidak reaktif dan stabil, dapat berada pada suhu tinggi dan tidak mengalami reaksi Maillard (pencokelatan). Sehingga pada produksi kue berwarna segar, tidak ada penampilan warna cokelatnya. Juga kombinasi baik dengan ramuan makanan lain seperti gula, jelly, lemak sayuran dan protein (Marie, 1991).

Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) berasal dari golongan gula alkohol. Gula alkohol merupakan hasil reduksi dari glukosa di mana semua atom oksigen dalam

molekul gula alkohol yang sederhana terdapat dalam bentuk kelompok hidroksil, sinonim dengan polyhidric alcohol (*polyols*). *Polyols* dapat dibagi menjadi dua yaitu *polyols* asiklik dan *polyols* siklik. Sorbitol termasuk dalam kelompok *polyols* asiklik dengan enam rantai karbon (Goldberg, 1994). Rumus kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 6. Struktur Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$)
Sumber: Perry, (1999)

2.7 Mekanisme Penambahan *Plasticizer* pada *Edible Film*

Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk film untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Rodriguez, *et al.* 2006).

Mekanisme proses *plasticizer* polimer sebagai akibat penambahan *plasticizer* Widyaningsih *et al.* (2012), yaitu melalui adsorbs, pemecahan, difusi, pemutusan pada bagian amorf, dan pemotongan struktur. Penambahan konsentrasi *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film polimer dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang.

Plasticizer menurunkan gaya inter molekuler dan meningkatkan mobilitas ikatan polimer memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas film. Ketika *plasticizer* menyatu, terjadi beberapa modifikasi struktural di dalam jaringan pati, matriks film menjadi lebih sedikit rapat dan di bawah tekanan,

bergeraknya rantai polimer dimudahkan, meningkatkan fleksibilitas film (Rachmawati, 2009).

2.8 Parameter Kualitas *Edible Film*

Sifat fisik dari *edible film* dapat diketahui dengan mengukur ketebalan film dan morfologinya dengan uji SEM. Sifat mekanik dari *edible film* meliputi kuat tarik (*tensile strenght*), *stress*, *strain*, persen pemanjangan (*elongation to break*) dan elastisitas (*elastic modulus/young modulus*) (Wafiroh, 2010).

2.8.1 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik atau renggang putus (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran *tensile strength* untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang (Krochta dan Johnston, 1997).

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film. Parameter ini menggambarkan gaya maksimum yang terjadi pada film selama pengukuran berlangsung. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plastisizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan film. Penambahan *plastisizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan film dengan kuat tarik yang lebih rendah (Lai et al. 1997).

2.8.2 Ketebalan

Ketebalan *edible film* merupakan salah satu sifat fisik *edible film* yang dipengaruhi oleh konsentrasi padatan terlarut pada larutan *edible film* dan ukuran plat kaca pencetak (Julianto, 2011).

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan dapat mempengaruhi laju transmisi uap, gas, dan senyawa volatil serta sifat fisik

lainnya seperti kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus edible film yang dihasilkan (Sinaga *et al.* 2013).

Ketebalan menentukan ketahanan film terhadap laju perpindahan uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. *Edible film* relatif tahan terhadap perpindahan oksigen dan karbondioksida, namun kurang tahan terhadap uap air (Pagella *et al.* 2002).

2.8.3 Perpanjangan (Elongasi)

Menurut Akili *et al.* (2012), Persen pemanjangan dihitung dengan membandingkan panjang *edible film* saat putus dan panjang *edible film* sebelum ditarik oleh alat. Perhitungan persen pemanjangan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

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

2.8.4 Transmisi Uap Air

Menurut Tamaella dan Lewerissa (2007), laju transmisi uap air didefinisikan sebagai laju aliran uap air melalui suatu unit area pada waktu tertentu dan pada kondisi tertentu.

Permeabilitas uap air merupakan jumlah uap air yang hilang per satuan waktu dibagi dengan luas area film. Oleh karena itu salah satu fungsi edible film adalah untuk menahan migrasi uap air maka permeabilitasnya terhadap uap air harus serendah mungkin (Gontard, 1993).

Menurut Huri dan Fithri, (2014), perhitungan Transmisi uap air sebagai berikut: *Edible film* yang akan diuji dipotong. Kemudian wadah 1 diisi 15 mL aquades dan ditempatkan di wadah 2 yang berisi *silica gel*. Sebelum itu, *silica gel* dikeringkan pada suhu 180°C selama 3 jam. Lalu wadah 2 disimpan pada suhu 25°C. pengukuran dilakukan setelah penyimpanan pada jam ke 0, 5, 10, dan 24 jam. Transmisi uap air dihitung dengan rumus:

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

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

t = waktu (24 jam)

A = luas permukaan *film* (m²)

2.8.5 Kadar Air

Analisa kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam bahan panganserta untuk mempermudah proses selanjutnya (Setiani, 2013). Menurut Sudarmadji *et al.* (2003), Kadar air dapat ditentukan dengan metode pemanasan. Prinsip metode ini adalah sampel dipanaskan pada suhu (100-105)°C selama 3-5 jam tergantung bahan yang diuji sampai diperoleh berat yang konstan. Pada suhu ini semua air bebas (yang tidak terikat pada zat lain) dapat dengan mudah diuapkan, tetapi tidak demikian halnya dengan air terikat. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan pangan.

$$\%WB = ((A+B)-C)/B \times 100\%$$

Dimana, A = berat botol timbang (g)

B = berat sampel (g)

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

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian terdiri dari karaginan dan kitosan. Bahan pembuat karaginan adalah rumput laut yaitu *Eucheuma cottoni* dan *Eucheuma spinosum*, KOH 6%, Ca(OH)_2 6%, KCl 1,5%, aquades, air tawar, tissue, kertas label. Bahan pembuatan kitosan terdiri dari cangkang udang windu, NaOH_2 , HCl 1M, aquades, dan tissue. Bahan untuk pembuatan *edible film* terdiri dari campuran antara kappa karaginan, iota karaginan, dan kitosan, aquades, sorbitol, gliserol, asam asetat glasial 1%, tissue dan kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji ketebalan antara lain *edible film*, kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji transmisi uap air antara lain *edible film*, aquades, kertas label. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji kadar air antara lain *edible film*, air.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat - alat yang digunakan dalam pembuatan *semi refine* karaginan meliputi *waterbath*, *beaker glass* 600 mL, *beaker glass* 1000 mL, timbangan digital, blender, nampan plastik, spatula, *thermometer*, solet, gunting, kain saring, mesin penggiling, baskom, gelas ukur 100 mL. Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan *edible film* antara lain oven, plat plastik, erlenmeyer 100 mL, gelas ukur 5mL, gelas ukur 100 mL, sendok tanduk, timbangan digital, *magnetic stirrer*, *hotplate*. alat-alat yang diguankan untuk uji ketebalan antara lain *micrometer digimetic*. Alat-alat yang digunakan untuk uji transmisi uap air antara lain *beaker glass* 100 mL, reksikator, timbangan digital, *washing bottle*. Dan alat-alat yang digunakan untuk uji kadar air antara lain botol timbang, oven, gunting, timbangan analitik, *crushable tank*.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Hadi (1985), penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti. Sejalan dengan hal tersebut, Latipun (2002), mengemukakan bahwa penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan dengan melakukan manipulasi yang bertujuan untuk mengetahui akibat manipulasi terhadap perilaku individu yang diamati.

3.2.2 Variabel

Penelitian ini menggunakan variabel bebas adalah dua jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu gliserol dan sorbitol terhadap variabel terikat karakteristik *edible film* yaitu ketebalan, kuat renggang putus, perpanjangan, transmisi uap air, dan kadar air.

3.2.3 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi campuran kappa iota karaginan dan kitosan yang terbaik sebagai bahan pembuatan *edible film* yang akan digunakan dalam penelitian utama. Berikut adalah tabel formulasi *edible film* kappa iota karaginan dan kitosan pada penelitian pendahuluan:

Tabel 3. Formulasi *Edible Film* Kappa Iota Karaginan dan Kitosan pada Penelitian Pendahuluan

Perlakuan (Perbandingan Kappa: Iota : Kitosan)	konsentrasi		
	Kappa	Iota	Kitosan
A ₁	0	1	3
A ₂	0	2	2
A ₃	0	3	1
A ₄	1	0	3
A ₅	1	1	2
A ₆	1	2	1
A ₇	2	1	1
A ₈	2	0	2
A ₉	3	0	1

3.2.3.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan dengan 9 perlakuan konsentrasi, yaitu A₁(0:1:3), A₂(0:2:2), A₃(0:3:1), A₄(1:0:3), A₅(1:1:2), A₆(1:2:1), A₇(2:1:1), A₈(2:0:2), dan A₉(3:0:1) dengan 3 kali ulangan. Pengulangan sebanyak 3 kali diperoleh dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$(n-1) (r-1) \geq 15$$

$$(9-1) (r-1) \geq 15$$

$$8 (r-1) \geq 15$$

$$8r - 8 \geq 15$$

$$8r \geq 15 + 8$$

$$r \geq 23/8$$

$$r \geq 2,875 \text{ kali ulangan} = 3 \text{ kali ulangan.}$$

Desain rancangan percobaan untuk penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4. Rancangan percobaan penelitian pendahuluan

Rasio perbandingan Kappa-lota dan kitosan	Ulangan		
	1	2	3
A ₁	A ₁	A ₁	A ₁
A ₂	A ₂	A ₂	A ₂
A ₃	A ₃	A ₃	A ₃
A ₄	A ₄	A ₄	A ₄
A ₅	A ₅	A ₅	A ₅
A ₆	A ₆	A ₆	A ₆
A ₇	A ₇	A ₇	A ₇
A ₈	A ₈	A ₈	A ₈
A ₉	A ₉	A ₉	A ₉

Keterangan:

A₁(0:1:3) = Perbandingan kappa 0 g :iota 0,5 g : kitosan 1,5 g

A₂(0:2:2) = Perbandingan kappa 0 g :iota 1 g : kitosan 1 g

A₃(0:3:1) = Perbandingan kappa 0 g :iota 1,5 g : kitosan 0,5 g

A₄ 1:0:3) = Perbandingan kappa 0,5 g :iota 0 g : kitosan 1,5 g

A₅(1:1:2) = Perbandingan kappa 0,5 g :iota 0,5 g : kitosan 1 g

A₆(1:2:1) = Perbandingan kappa 0,5 g :iota 1 g : kitosan 0,5 g

A₇(2:1:1) = Perbandingan kappa 1 g :iota 0,5 g : kitosan 0,5 g

A₈(2:0:2) = Perbandingan kappa 1 g :iota 0 g : kitosan 1 g

A₉(3:0:1) = Perbandingan kappa 1,5 g :iota 0 g : kitosan 0,5 g

3.2.3.2 Prosedur Penelitian Pendahuluan

Prosedur kerja penelitian pendahuluan terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

- 1). Pembuatan kappa karaginan *Eucheuma cottonii* didasarkan pada metode penelitian Hernandez (2013), yang telah dimodifikasi yaitu, pertama-tama rumput laut jenis dari *E. cottoni* ditimbang sebanyak 20 g lalu dicuci bersih. Kemudian ditambahkan air dengan perbandingan 1:25 (b/v), lalu dipanaskan pada suhu 80⁰ – 90⁰ C selama 30 menit dengan menggunakan *waterbath*. Rumput laut yang telah dipanaskan, diblender selama 1 menit hingga menjadi pasta dan dilanjutkan dengan ekstraksi. Rumput laut jenis *E. cottoni* dipanaskan dengan suhu 80⁰C selama 2 jam dengan penambahan KOH 6%. Hasil ekstraksi kemudian dinetralkan dengan HCl 0,2 N, penetralan HCl 0,2 N kemudian disaring dengan menggunakan kain saring hingga didapatkan

residu dan filtrat. Kemudian residu ditambahkan dengan KCl 1,5% sehingga membentuk gumpalan. Setelah itu dikeringkan dan digiling sampai menjadi serbuk dan didapatkan *refine carrageenan*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran tentang skema kerja pembuatan karaginan.

- 2). Pembuatan SRC jenis *Eucheuma spinosum* dengan metode PNG (Phillips dan Williams, 2001), yang sudah dimodifikasi melalui langkah : rumput laut jenis *Eucheuma spinosum* kering ditimbang, dibersihkan dan dicuci. Kemudian rumput laut di rebus dalam larutan Ca(OH)_2 dengan konsentrasi 6%(w/v) dengan suhu 70-74°C selama 2 jam. Diambil dan dicuci dengan air bersih sampai bau Ca(OH)_2 hilang (penetralan). Setelah itu rumput laut dikeringkan dan digiling.
- 3) Pembuatan kitosan terdiri dari 2 tahap, pertama tahap pembuatan kitin dan yang ke dua tahap pembuatan kitosan. Pembuatan kitin dan kitosan menggunakan metode Hong K. No (1989). :

A. Pembuatan kitin

Kulit udang yang tidak terpakai dikeringkan di udara terbuka, lalu digerus kemudian diayak. Sebanyak 120 g bahan tersebut ditempatkan dalam wadah kemudian ditambahkan NaOH 3,5% sebanyak 1200 mL dengan perbandingan (1:10), kemudian dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam sambil diaduk. Setelah campuran dingin, disaring dan dicuci dengan akuades sampai netral. Hasilnya ditimbang 100 g dan ditambahkan HCl 1 M sebanyak 1000 mL Setelah selesai dicuci dengan akuades sampai netral dan dikeringkan pada suhu 65°C. Produk ini dinamakan kitin.

B. Pembuatan kitosan

Sebanyak 50 g kitin ditambahkan dengan 500 mL NaOH 50% dengan perbandingan (1:10) dalam wadah dan diaduk sambil dipanaskan 100°C selama 30 menit. Setelah dingin disaring dan dicuci sampai netral dan

dikeringkan pada suhu 65°C. Produk ini dinamakan kitosan. Selanjutnya kitosan dikarakterisasi gugus aktifnya menggunakan Spektrofotometri Infra Merah (IR) (Mahatmanti, 2001). Karakterisasi yang digunakan untuk membedakan kitin dan kitosan secara stoikiometri adalah kadar air, kadar N dan derajat deasetilasi (IR).

- 4) Pembuatan *edible film* dengan perbandingan konsentrasi bahan yang berbeda yaitu A1 (0:1:3), A2 (0:2:2), A3 (0:3:1), A4(1:0:3), A5 (1:1:2), A6 (1:2:1), A7 (2:1:1), A8 (2:0:2), dan A9 (3:0:1). Proses pembuatan *edible film* modifikasi metode Vojdani dan Torres yaitu pembuatan *edible film* kitosan yang dicampurkan dengan campuran kappa iota kargainan adalah sebagai berikut: timbang serbuk kitosan sesuai dengan perlakuan, masukkan kedalam gelas kimia kemudian panaskan dengan 80 mL Asam asetat glasial 1% diatas *hot plate stirrer* pada suhu 50°C selama 20 menit (proses ini menyempurnakan pembentukan gel campuran kitosan dan asam asetat glasial), kemudian larutan kitosan disaring menggunakan kertas saring, lalu masukkan serbuk kappa dan iota yang telah di timbang sesuai perlakuan, kemudian larutan dipanaskan pada suhu 50°C selama 15 menit, saat proses pemanasan tambahkan dengan *plasticizer* sorbitol sebanyak 1% (1 mL) dan volumenya dijadikan 100 mL. Setelah homogen, larutan kemudian dituang dalam media cetak berupa nampan, selanjutnya *edible film* siap di dinginkan pada suhu kamar selama 24 jam. Lembar *edible film* kemudian dikeluarkan dari media cetak untuk kemudian dilakukan pengujian ketebalan, perpanjangan (*elongasi*), renggang putus (*tensile strength*), dan transmisi uap air.

3.2.4 Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk menentukan jenis *plasticizer* yaitu sorbitol atau gliserol serta konsentrasi *plasticizer* yang tepat antara 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% untuk menghasilkan *edible film* dengan kualitas yang baik.

3.2.4.1 Perlakuan dan Rancangan Percobaan Penelitian Utama

Dari hasil penelitian pendahuluan, perlakuan terbaik digunakan sebagai acuan dimana pada penelitian inti didapatkan hasil, faktor perlakuan pertama terdiri dari faktor konsentrasi *plasticizer* gliserol (A_1) yang terdiri dari 4 perlakuan 0,5% (B_1); 1% (B_2); 1,5% (B_3), dan 2% (B_4). Sedangkan faktor perlakuan kedua *plasticizer* sorbitol (A_2) yang terdiri dari 4 perlakuan 0,5% (B_1); 1% (B_2); 1,5% (B_3), dan 2% (B_4).

Penelitian utama dilakukan dengan cara pembuatan *edible film* dengan bahan campuran kappa-iota karaginan dan kitosan sebanyak 8 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Pengulangan sebanyak 3 kali diperoleh dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (n-1) (r-1) &\geq 15 \\ (8-1) (r-1) &\geq 15 \\ 7 (r-1) &\geq 15 \\ 7r - 7 &\geq 15 \\ 7r &\geq 15 + 7 \\ r &\geq 22/7 \\ r &\geq 3,14 \text{ kali ulangan} = 3 \text{ kali ulangan.} \end{aligned}$$

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

Desain rancangan percobaan untuk penelitian utama dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 5 Rancangan Percobaan Penelitian Utama

Jenis <i>Plasticizer</i>	Konsentrasi <i>Plasticizer</i>	Ulangan		
		1	2	3
A ₁	B ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₁
	B ₂	A ₁ B ₂	A ₁ B ₂	A ₁ B ₂
	B ₃	A ₁ B ₃	A ₁ B ₃	A ₁ B ₃
	B ₄	A ₁ B ₄	A ₁ B ₄	A ₁ B ₄
A ₂	B ₁	A ₂ B ₁	A ₂ B ₁	A ₂ B ₁
	B ₂	A ₂ B ₂	A ₂ B ₂	A ₂ B ₂
	B ₃	A ₂ B ₃	A ₂ B ₃	A ₂ B ₃
	B ₄	A ₂ B ₄	A ₂ B ₄	A ₂ B ₄

Keterangan :

A₁B₁ = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL)

A₁B₂ = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 1% (1 mL)

A₁B₃ = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 1,5% (1,5 mL)

A₁B₄ = jenis *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 2% (2 mL)

A₂B₁ = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL)

A₂B₂ = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 1% (1 mL)

A₂B₃ = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 1,5% (1,5 mL)

A₂B₄ = jenis *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 2% (2 mL)

3.2.4.2 Prosedur Penelitian Utama

Prosedur kerja penelitian utama meliputi :

1. Pembuatan *edible film* dengan 2 jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu sorbitol dan gliserol. Proses pembuatan *edible film* modifikasi metode Vojdani dan Torres (2013), yaitu pembuatan *edible film* kitosan yang dicampurkan dengan campuran kappa iota kargainan adalah sebagai berikut: timbang serbuk kitosan sesuai dengan perlakuan, masukkan kedalam gelas kimia kemudian panaskan dengan 80 mL Asam asetat glasial 1% diatas *hot plate stirrer* pada suhu 50°C selama 20 menit (proses ini menyempurnakan pembentukan gel campuran kitosan dan asam asetat glasial), kemudian larutan kitosan disaring menggunakan kertas saring, lalu masukkan serbuk kappa dan iota yang telah di timbang sesuai perlakuan, kemudian larutan dipanaskan kembali pada suhu 50°C selama 15 menit, saat proses pemanasan tambahkan dengan *plasticizer* masing-masing 0,5% (0,5 mL), 1% (1 mL), 1,5% (1,5 mL) dan 2% (2 mL), lalu volumenya dijadikan 100 mL. Setelah homogen, larutan kemudian dituang

dalam media cetak berupa nampan, selanjutnya *edible film* siap di dinginkan pada suhu kamar selama 24 jam.

2. Dilakukan uji karakteristik *edible film* diantaranya Uji ketebalan (Huri & Nisa 2014), *Tensile strength* dan uji elongasi (Akili et al. 2012), Uji Transmisi Uap Air (Huri & Nisa 2014), uji kadar air (Sudarmaji et al. 2003) dan uji kelarutan air (Widyaningsih et al. 2012)
3. Dilakukan analisa sidik ragam (ANOVA) dan jika berbeda nyata dilakukan uji lanjut Duncan.
4. Pemilihan perlakuan terpilih
5. Dilakukan Uji SEM

3.2.5 Parameter Uji

3.2.5.1 Uji Kadar Air (Sudarmadji, 2003)

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

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

Dimana, A = berat botol timbang (g)

B = berat sampel (g)

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

3.2.5.2 Transmisi Uap Air (Huri dan Fithri, 2014)

Edible film yang akan diuji dipotong. Kemudian wadah 1 diisi 15 mL aquades dan ditempatkan di wadah 2 yang berisi *silica gel*. Sebelum itu, *silica gel* dikeringkan pada suhu 180°C selama 3 jam. Lalu wadah 2 disimpan pada suhu

25°C. pengukuran dilakukan setelah penyimpanan pada jam ke 0, 5, 10, dan 24 jam. Transmisi uap air dihitung dengan rumus:

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

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

t = waktu (24 jam)

A = luas permukaan *film* (m²)

3.2.5.3 Ketebalan (Huri dan Fithri, 2014)

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

3.2.5.4 Perpanjangan (*Elongasi*) (Alkili et al. 2012)

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

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

3.2.5.5 Renggang Putus (*Tensile Strenght*) (Alkili et al. 2012)

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

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

Dimana, F = gaya tarik (N)

A= luas penampang (mm²)



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bahan Baku

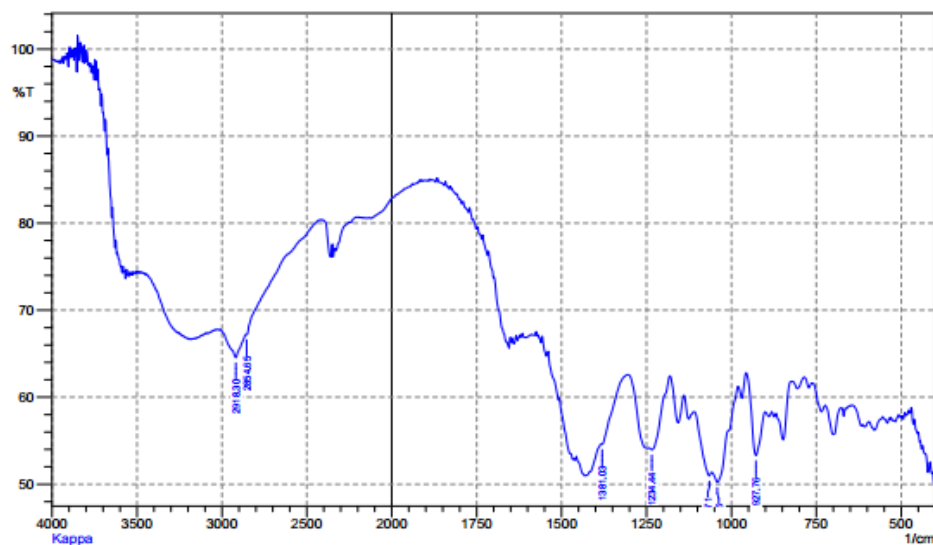
4.1.1 Rumput Laut

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

4.1.2 Karaginan

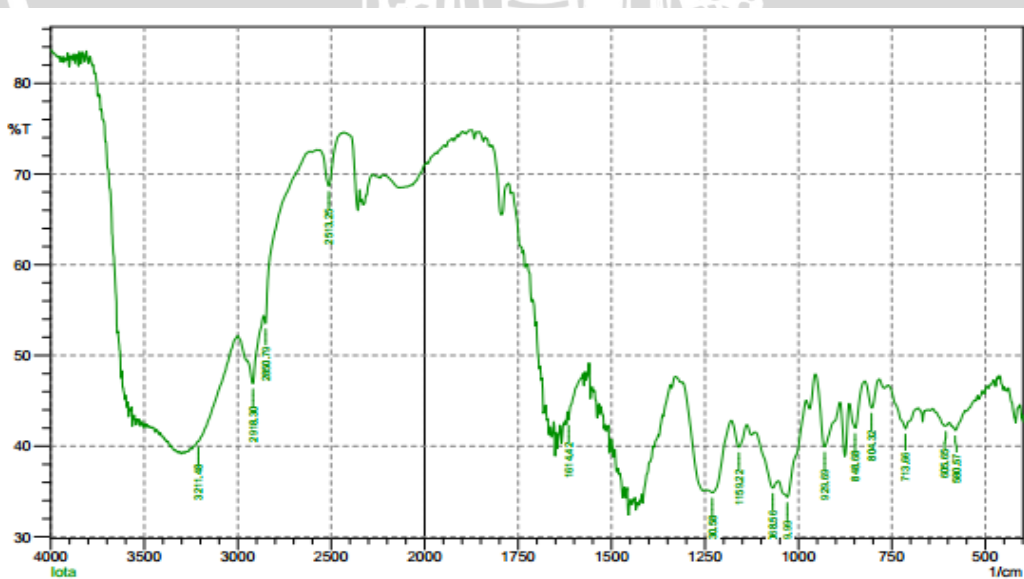
Ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* menghasilkan kappa karaginan dan iota karaginan. Karaginan yang dihasilkan memiliki persen kadar air yaitu kappa karaginan 11.38% dan iota karaginan 11.09%. Berdasarkan FAO kadar air karaginan tidak boleh lebih dari 12%.

Kedua jenis karaginan tersebut dilakukan uji spektra untuk melihat gugus yang ada dalam karaginan tersebut. Hasil spektra kappa karaginan dan iota karaginan dapat dilihat pada Gambar 6. dan Gambar 7.



Gambar 7 Spektra Kappa Karaginan

Menurut Uy, *et al.* (2004), kappa karaginan memiliki 3 gugus fungsi yaitu 3,6 Anhidro galaktosa yang muncul pada serapan *range* 930 cm^{-1} , Ester sulfat yang muncul pada serapan *range* 1240 cm^{-1} , dan Galaktosa 4 Sulfat yang muncul pada serapan *range* 845 cm^{-1} . Berdasarkan hasil karakterisasi dengan spektra kappa karaginan pada gambar 7, muncul puncak pada serapan 927,76 cm^{-1} yang menunjukkan 3,6 Anhidro Galaktosa serta muncul puncak pada serapan 1234,44 cm^{-1} yang menunjukkan Ester sulfat.



Gambar 8 Spektra Iota Karaginan

Menurut Uy, *et al.* (2004),lota karaginan memiliki 3 gugus fungsi yaitu 3,6 Anhidro galaktosa yang muncul pada serapan *range* 930 cm^{-1} , Ester sulfat yang muncul pada serapan *range* 1240 cm^{-1} , dan Galaktosa 4 Sulfat yang muncul pada serapan *range* 845 cm^{-1} , dan D-Anhidro galaktosa 2 Sulfat (DA2S) yang muncul pada serapan *range* 805 cm^{-1} . Berdasarkan hasil karakterisasi dengan spektraiota karaginan pada Gambar 8, muncul puncak pada serapan $929,69\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan 3,6 Anhidro Galaktosa, muncul puncak pada serapan $1233,58\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan Ester sulfat, muncul puncak pada serapan $848,68\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus galaktosa 4 sulfat, serta muncul puncak pada serapan $804,32\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan terdapatnya gugus D-Anhidro 2 Sulfat.

4.1.3 Cangkang Udang

Bahan baku cangkang udang yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang udang dari udang windu yang didapatkan pada salah satu pabrik kerupuk di Pasuruan. Limbah cangkang udang diolah menjadi kitosan dengan melalui tahap deproteinase, demineralisasi, dan deasetilasi kitin menjadi kitosan.

4.1.4 Kitosan

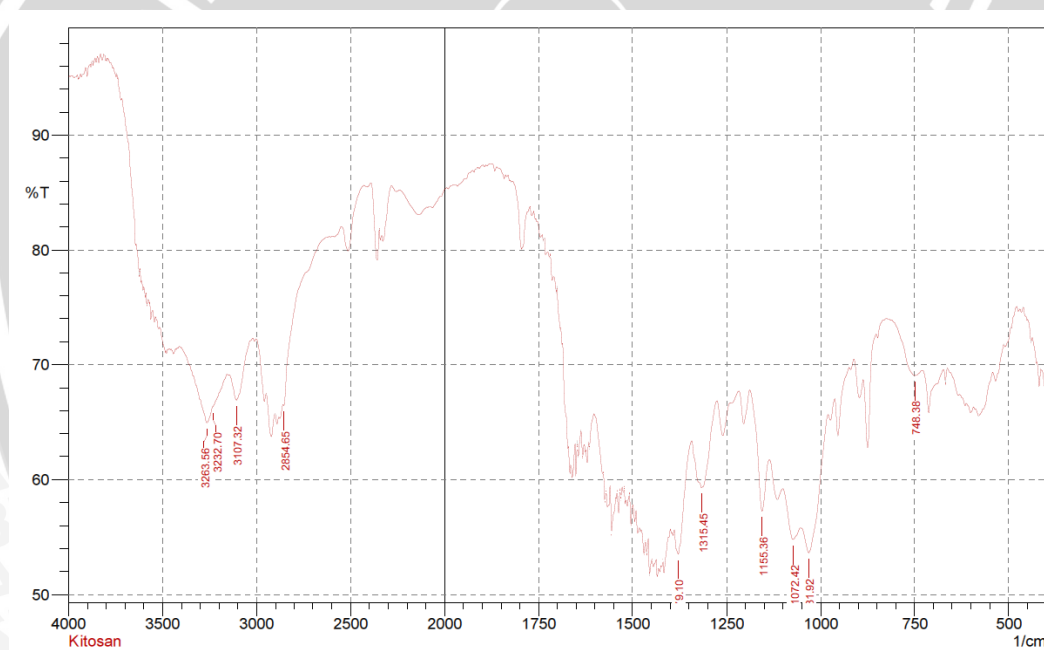
Kitosan dihasilkan dari kitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, yaitu terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Kitosan dapat dihasilkan dari kitin dengan cara deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama.(Prasetyaningrumet *al.* 2007).

Proses deasetilasi untuk mengubah kitin menjadi kitosan dapat dilakukan dengan menghilangkan gugus asetil dengan memproses kitin dalam larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi 40 – 50% selama 30 menit atau lebih dengan menggunakan perbandingan kitin dan pelarut yang digunakan sebesar 1:10 (berat/volume). Kitosan yang dihasilkan kemudian dinetralkan dengan

menggunakan air kemudian disaring dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam sehingga didapatkan kitosan kering (Fernandez, 2004).

Cangkang udang yang telah melewati proses deproteinasi, demineralisasi, dan proses deasetilasi sehingga menghasilkan kitosan dengan derajat deasetilasi 58% dan kadar air sebesar 4,48%. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu kadar air kitosan yang telah ditetapkan oleh Protan Biopolimer, yakni sebesar $<10\%$.

Kitosan tersebut dilakukan uji spektra untuk mengetahui gugus yang terkandung dalam kitosan tersebut. Hasil spektrakitosan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Spektra Kitosan

Berdasarkan hasil karakterisasi dengan spektrakitosan pada gambar 9, muncul puncak pada serapan $1315,45\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-N amina/amida, muncul puncak pada serapan $1379,1\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-H alkana tetapi dengan intensitas yang lemah, ini menunjukkan telah terjadinya proses deasetilasi yang menyebabkan hilangnya sebagian besar gugus metil, $-\text{CH}_3$, serta muncul puncak pada serapan $3232,7$ dan $3263,56\text{ cm}^{-1}$

yang menunjukkan adanya gugus O-H alkohol ikatan hidrogen. Pada penelitian Kurniasih (2013), menyatakan bahwa pita serapan bengkokan $-\text{CH}_3$ pada bilangan gelombang $1380,9 \text{ cm}^{-1}$ masih muncul tetapi dengan intensitas yang lebih lemah, hal ini menunjukkan telah terjadinya proses deasetilasi yang menyebabkan hilangnya sebagian besar gugus metil, $-\text{CH}_3$.

4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mencari perbandingan kappa iota karaginan dan kitosan dalam pembuatan *edible film* dengan karakteristik terbaik. Pembuatan *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan dilakukan dengan 9 perlakuan konsentrasi, yaitu $A_1(0:1:3)$, $A_2(0:2:2)$, $A_3(0:3:1)$, $A_4(1:0:3)$, $A_5(1:1:2)$, $A_6(1:2:1)$, $A_7(2:1:1)$, $A_8(2:0:2)$, dan $A_9(3:0:1)$ dengan 3 kali ulangan. Namun hasil *edible film* pada perlakuan A_1 (0 g kappa: 0,5 g iota: 1,5 g kitosan), A_2 (0 g kappa: 1 g iota: 1 g kitosan), A_3 (0 g kappa: 1,5 g iota: 0,5 g kitosan) menghasilkan *edible film* dengan karakteristik yang buruk, sehingga tidak dapat di uji karakteristik fisik. Pada perlakuan A_4 , A_5 , A_6 , A_7 , A_8 , dan A_9 dilakukan uji karakteristik *edible film*. Hasil setiap uji karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Karakteristik *Edible Film* Penelitian Pendahuluan

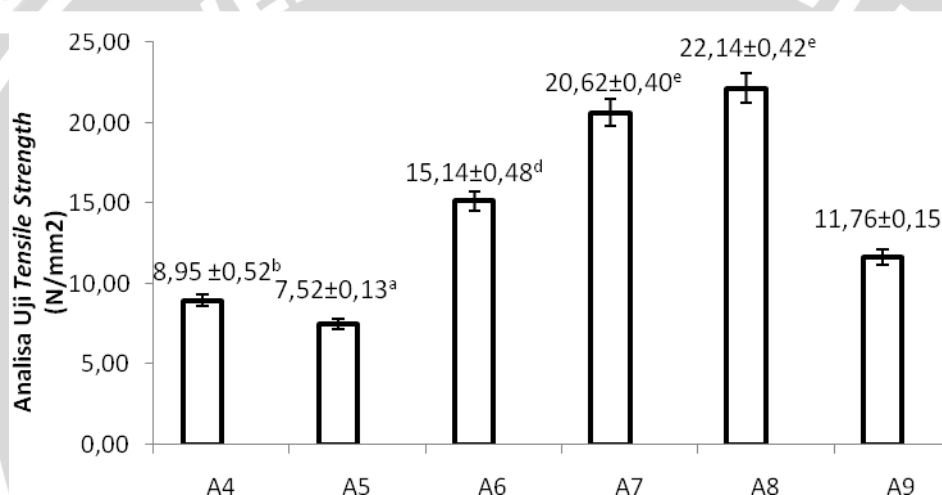
Perlakuan kappa: iota:kitosan	Tensile strenght (N/mm ²)	Perpanjangan (%)	Transmisi Uap Air (g/m ² .jam)	Ketebalan (μm)
A_4 (1:0:3)	$8,95 \pm 0,52^b$	$8,69 \pm 0,46^d$	$80,20 \pm 1,29^c$	$47,60 \pm 0,57^a$
A_5 (1:1:2)	$7,52 \pm 0,13^a$	$3,43 \pm 0,45^a$	$73,95 \pm 1,45^b$	$116,7 \pm 0,35^e$
A_6 (1:2:1)	$15,14 \pm 0,48^d$	$7,11 \pm 0,40^c$	$118,75 \pm 1,94^e$	$84,30 \pm 0,65^d$
A_7 (2:1:1)	$20,62 \pm 0,40^e$	$8,71 \pm 0,51^d$	$66,66 \pm 0,50^a$	$71,50 \pm 0,53^c$
A_8 (2:0:2)	$22,14 \pm 0,42^e$	$5,64 \pm 0,40^b$	$80,20 \pm 0,33^c$	$56,80 \pm 0,14^b$
A_9 (3:0:1)	$11,76 \pm 0,15^c$	$8,29 \pm 0,66^d$	$109,37 \pm 0,43^d$	$131,3 \pm 0,75^f$

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

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

4.2.1 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa-iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap kuat tarik (*tensile strength*) *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan (Lampiran 8) menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Pengaruh konsentrasi kappa iota dan kitosan yang berbeda terhadap *tensile strength* dapat dilihat pada Gambar 10.



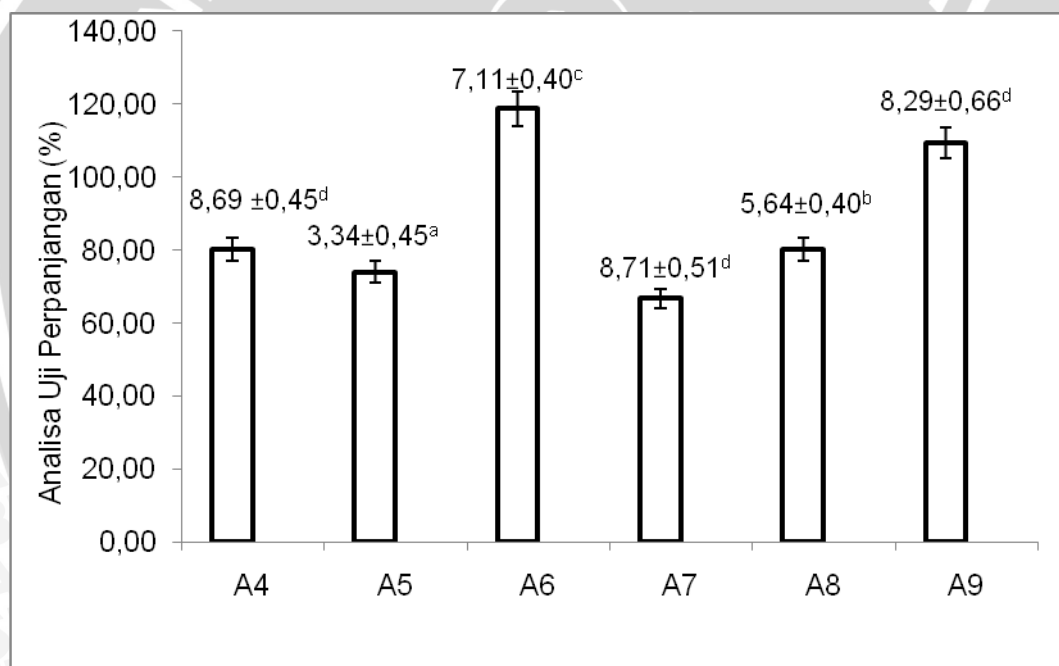
Gambar 10. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap *tensile strength edible film*

Pada uji *tensile strength* didapatkan nilai tertinggi adalah perlakuan A₉ dengan konsentrasi 2:0:2 yaitu sebesar 22,14. *Edible film* yang hanya berbahan kappa dan kitosan tanpa dicampurkan dengan iota mempunyai nilai *tensile strenght* tertinggi namun fisiknya lebih kaku dan keras. Sehingga *edible film* dengan konsentrasi 2:0:2 tidak dapat dikatakan sebagai *edible film* dengan konsentrasi terbaik.

Nilai kuat tarik berbanding lurus dengan ketebalan *film*. Semakin tebal *edible film* maka kuat tariknya semakin tinggi karena ketebalan berhubungan dengan meningkatnya berat molekul (Santoso *et al.* 2012).

4.2.2 Perpanjangan (elongasi)

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap elongasi *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan (Lampiran 9) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap elongasi *edible film* campuran kappa-iota karaginan dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 11.



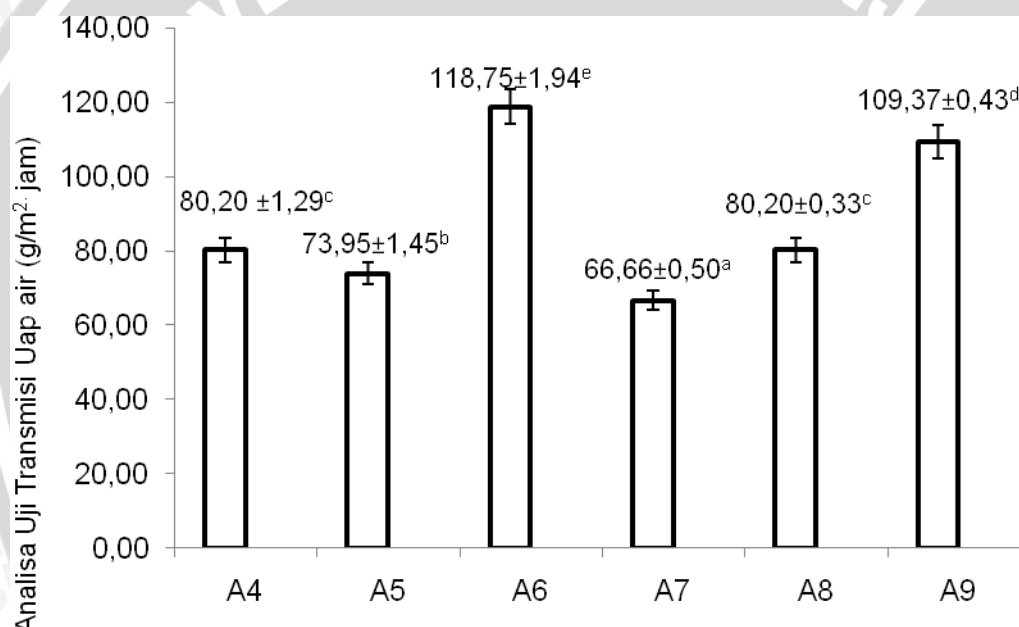
Gambar 11. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap perpanjangan *edible film*

Pada uji perpanjangan didapatkan nilai terbaik adalah perlakuan A₇ dengan konsentrasi 2:1:1 yaitu sebesar 8,71%. Nilai perpanjangan terendah terdapat pada perlakuan A₅ dengan dengan konsentrasi 1:1:2 yaitu sebesar 3,34%. Pemanjangan *edible film* merupakan indikasi dari kemampuan film untuk memanjang atau meregang ketika diaplikasikan sebagai pelapis atau

pembungkus produk pangan. Pemanjangan menunjukkan perubahan panjang film maksimum saat memperoleh gaya tarik sampai film putus dibandingkan dengan panjang awal (Azkarahman, 2010).

4.2.3 Transmisi Uap Air

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap nilai laju transmisi uap air (Lampiran 10) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Pengaruh konsentrasi kappa iota dan kitosan yang berbeda terhadap transmisi uap air dapat dilihat pada Gambar 12.



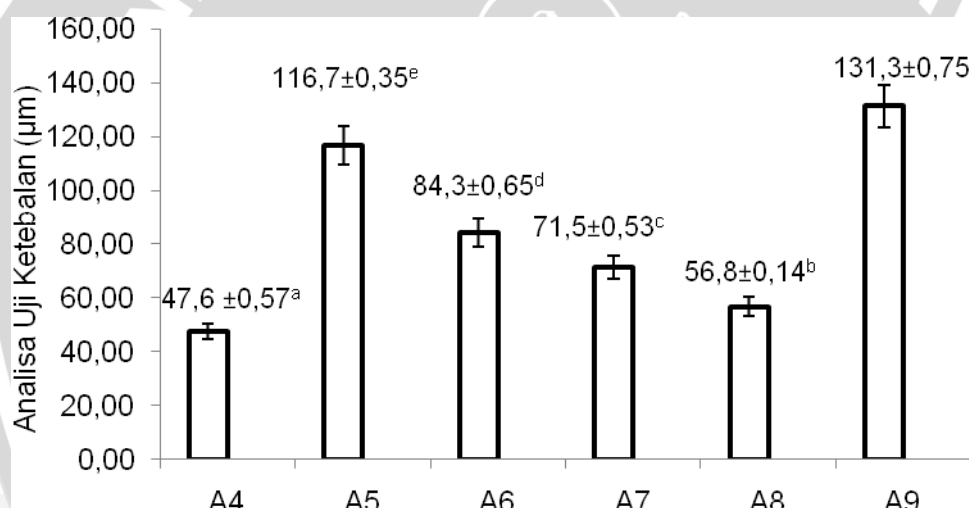
Gambar 12. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap transmisi uap air *edible film*

Pada uji transmisi uap air didapatkan nilai terbaik pada perlakuan A₅ dengan konsentrasi 1:1:2. Nilai transmisi uap air tertinggi sebesar 109,37 g/m²·jam pada perlakuan A₉ dengan konsentrasi 3:0:1. Pada Grafik 4 dapat disimpulkan bahwa perbandingan kappa iota dan kitosan dengan konsentrasi yang berbeda dapat berpengaruh terhadap nilai transmisi uap air *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan.

Nilai transmisi uap air pada penelitian ini terlihat tidak stabil, hal tersebut mungkin dikarenakan adanya gelembung gas ataupun lubang pada *edible film* yang diakibatkan saat proses pembuatan kurang homogen. Menurut Budyanto dan Kusnadi (2013), transmisi uap air didefinisikan laju konstan dimana uap air merembes melalui *edible film* pada suhu dan kelembaban relatif tertentu.

4.2.4 Ketebalan

Analisis sidik ragam pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap ketebalan *edible film* (Lampiran 11) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Pengaruh konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda terhadap ketebalan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik hubungan perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan terhadap ketebalan *edible film*

Pada uji ketebalan didapatkan nilai terendah adalah perlakuan A₄ dengan konsentrasi 1:0:3 yaitu sebesar 47,60 µm. Nilai ketebalan tertinggi didapatkan pada perlakuan A₉ dengan konsentrasi 3:0:1 yaitu sebesar 131,3 µm sehingga dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa perbandingan konsentrasi kappa dan kitosan berbanding terbalik. Semakin tinggi konsentrasi kappa karaginan dan semakin rendah konsentrasi kitosan maka nilai ketebalan yang dihasilkan semakin kecil, dan sebaliknya semakin rendah konsentrasi kappa dan semakin

tinggi konsentrasi kitosan menghasilkan nilai ketebalan yang semakin tinggi. Ketebalan *edible film* bukan parameter utama pada karakteristik *edible film*, karena ketebalan *edible film* dipengaruhi luas cetakan yang digunakan, volume larutan, banyaknya total padatan dan larutan.

Ketebalan akan berpengaruh terhadap permeabilitas, semakin tinggi ketebalan *edible film* tersebut maka akan semakin kecil nilai permeabilitas dan akan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik (Tamaela dan Lewerissa, 2008).

Pada analisis data karakteristik *edible film* diatas, dapat diketahui bahwa perlakuan A₇ dengan konsentrasi kappa: iota: kitosan yaitu 2 : 1 : 1 (1 g kappa: 0,5 g iota : 0,5 g kitosan) memiliki karakteristik *edible film* terbaik dengan nilai *tensile strength* 20,6267 N/mm², nilai perpanjangan (elongasi) sebesar 8,71%, nilai transmisi uap air sebesar 66,66g/cm², dan nilai ketebalan sebesar 71,50. Oleh karena itu, perlakuan A₇ dengan konsentrasi 2 : 1 : 1 digunakan sebagai acuan untuk penelitian utama.

4.3 Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk membandingkan tiga jenis *plasticizer* (Gliserol dan Sorbitol,) dalam pembuatan *edible film* dengan kualitas terbaik. Berdasarkan hasil ANOVA dan uji lanjut Duncan dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Hasil setiap uji karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Uji Karakteristik Edible Film dengan Plasticizer Berbeda

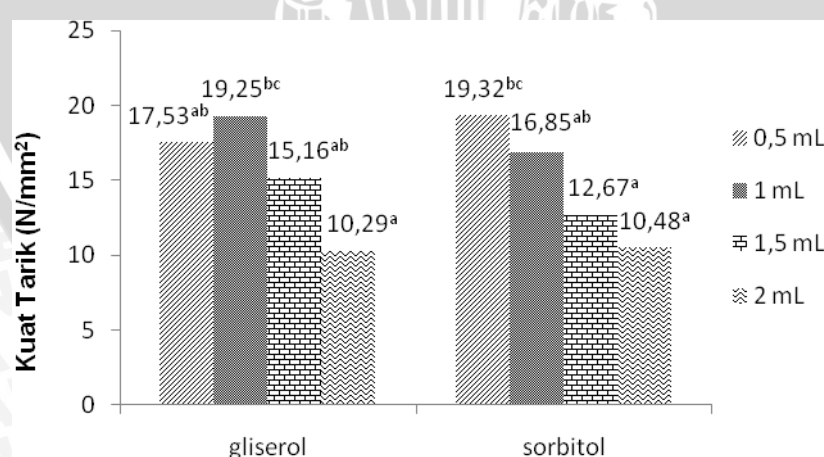
Kode	Kuat Tarik (N/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kadar Air (%)	Transmisi Uap Air (g/m ² .jam)	Ketebalan (μm)
A ₁ B ₁	17,53+1,94 ^{ab}	6,15+4,18 ^a	0,965+0,01 ^b	51,81+5,92 ^a	59,10+11,55 ^a
A ₁ B ₂	19,25+3,37 ^{bc}	8,09+1,57 ^a	0,963+0,01 ^b	53,95+5,54 ^{ab}	59,24+8,32 ^a
A ₁ B ₃	15,16+0,17 ^{ab}	12,53+0,23 ^{bc}	0,968+0,02 ^b	54,33+8,45 ^{ab}	83,45+10,37 ^b
A ₁ B ₄	10,29+0,44 ^a	13,14+0,67 ^{bc}	0,967+0,01 ^b	67,27+3,93 ^b	93,80+9,31 ^b
A ₂ B ₁	19,32+6,95 ^{bc}	5,15+0,21 ^a	0,945+0,02 ^a	43,90+4,88 ^a	80,29+5,31 ^b
A ₂ B ₂	16,85+0,15 ^{ab}	8,42+0,19 ^{ab}	0,960+0,03 ^b	46,23+8,76 ^a	80,12+3,32 ^b
A ₂ B ₃	12,67+1,97 ^a	8,85+0,85 ^{ab}	0,966+0,01 ^b	46,98+0,70 ^a	90,22+23,61 ^b
A ₂ B ₄	10,48+1,85 ^a	13,42+1,5 ^{bc}	0,965+0,01 ^b	66,42+4,75 ^b	105,07+14 ^{bc}

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa hasil uji kuat tarik terbaik pada perlakuan A_2B_1 yaitu 19.32 N/mm^2 . Hasil uji perpanjangan terbaik pada perlakuan A_2B_4 yaitu 13.42% . Hasil uji kadar air terbaik pada perlakuan A_2B_1 yaitu 0.945% . Hasil uji transmisi uap air terbaik pada perlakuan A_2B_1 yaitu $43.90 \text{ g/m}^2.\text{jam}$. Hasil uji ketebalan terbaik pada perlakuan A_1B_1 yaitu $59.10 \mu\text{m}$. Hasil analisis keragaman dan uji lanjut Duncan pada penelitian utama dapat dilihat pada Lampiran.

4.4 Sifat Fisik dan Kimia *Edible Film*

4.4.1 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan terhadap kuat tarik (*tensile strength*) (Lampiran 12) menunjukkan penggunaan dua jenis *plasticizer* yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik *edible film*, namun pada penggunaan konsentrasi *plasticizer* memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ($p < 0.05$). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Kuat Tarik *Edible Film*

Pada Grafik 14 dapat dilihat bahwa *edible film* dengan *tensile strenght* terbaik dari perlakuan sorbitol 0,5 mL. Hasil perhitungan *tensile strength* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 10.48 – 19.32 N/mm². Menurut (Akili *et al.* 2012), standar yang harus dimiliki oleh *edible film* agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik di antaranya memiliki besaran kuat tarik (*tensile strength*) antara 10 hingga 100 N/mm².

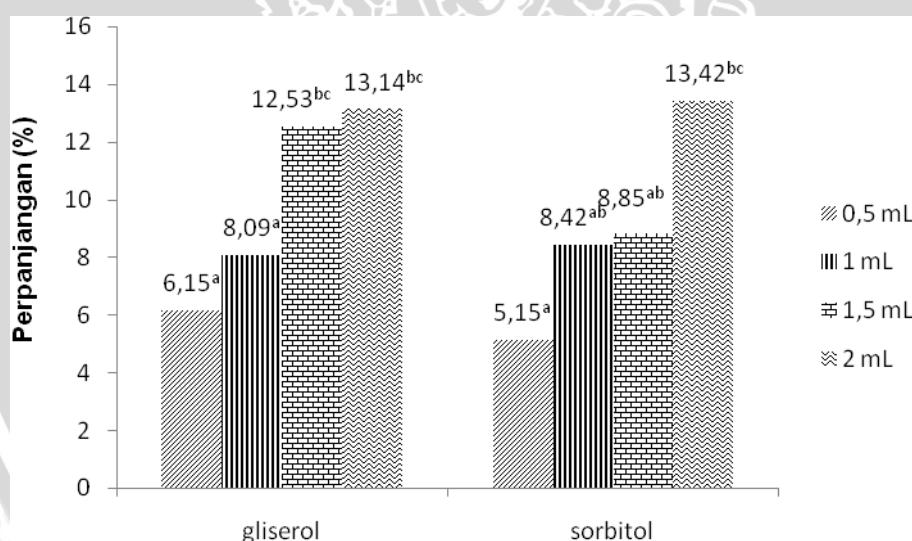
Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk jenis *plasticizer* berupa sorbitol menghasilkan kuat tarik yang lebih besar dibandingkan gliserol. Nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan penambahan konsentrasi *plasticizer*, dimana nilai kuat tarik akan semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi *plasticizer*. Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka semakin menurun nilai *tensile strength*. Hal tersebut karena penambahan *plasticizer* akan menurunkan ikatan hidrogen dalam plastik sehingga akan meningkatkan fleksibilitas dari film tersebut, dengan meningkatnya fleksibilitas maka kuat tarik dari suatu film akan semakin kecil (Krochta, 1994).

Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk film untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Rodriguez *et al.* 2006). Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi *plasticizer*.

Menurut Krochta (1994), menyatakan bahwa *plasticizer* akan menurunkan ikatan hidrogen dalam *edible film* sehingga meningkatkan fleksibilitas dari film, dengan meningkatnya fleksibilitas maka kuat tarik dari *edible film* akan semakin kecil. Menurut Suryaningrum, *et al.* (2005) *edible film* dengan kuat tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanik dengan baik.

4.4.2 Perpanjangan

Persen pemanjangan (*elongation*) adalah persen pertambahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel film terputus. Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan terhadap perpanjangan (Lampiran 13) menunjukkan penggunaan jenis *plasticizer* gliserol dan sorbitol tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata, artinya hasil perpanjangan *edible film* dengan *plasticizer* sorbitol dan gliserol tidak berbeda jauh. Penggunaan konsentrasi *plasticizer* memberikan pengaruh nyata pada perpanjangan dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ($p < 0.05$). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap perpanjangan *edible film*

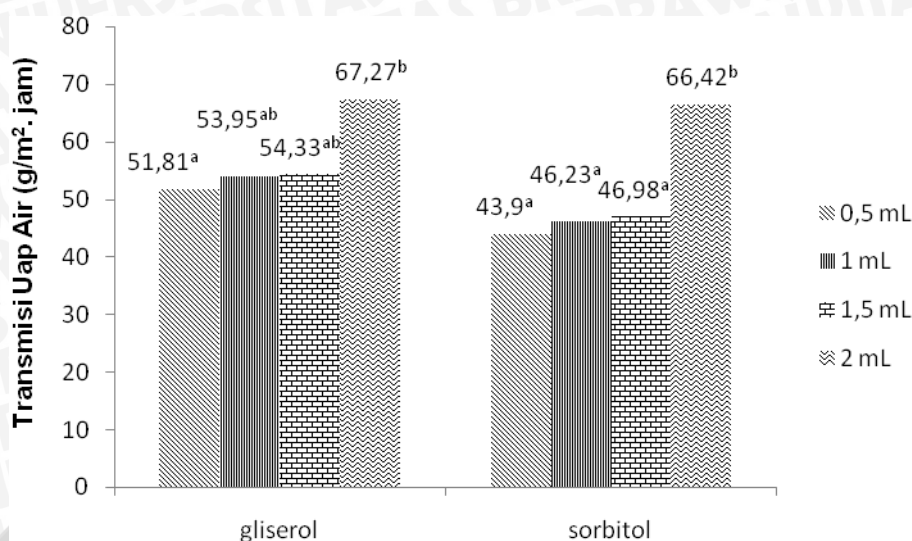
Pada Grafik 15 dapat dilihat bahwa *edible film* dengan perpanjangan terbaik dari perlakuan sorbitol 2 mL yaitu sebesar 13,42%. Hasil pengukuran persen perpanjangan *edible film* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 5,15– 13,42%. Menurut Akili *et al.* (2012) Standar yang harus

dimiliki oleh *edible film* agar dapat mengemas bahan pangan dengan baik di antaranya memiliki persen perpanjangan antara 10 – 50%.

Pada Grafik 15 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka nilai perpanjangan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan peran *plasticizer* dalam memecah rantai intra molekul sehingga elastisitasnya meningkat. Sifat yang dibentuk oleh kedua *plasticizer*, sorbitol lebih fleksibel dibanding gliserol. Serta dilihat dari analisis nilai kuat tarik dan perpanjangan dengan penggunaan berbagai konsentrasi *plasticizer*, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan, dimana semakin tinggi penggunaan konsentrasi *plasticizer*, maka nilai kuat tarik (*tensile strenght*) semakin menurun, dan sebaliknya semakin tinggi penggunaan konsentrasi *plasticizer* maka semakin tinggi nilai perpanjangan (elongasi).

4.4.3 Transmisi Uap Air

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan terhadap transmisi uap air (Lampiran 14) menunjukkan penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film*. Penggunaan konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan tidak ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ($p < 0.05$). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap transmisi uap air edible film

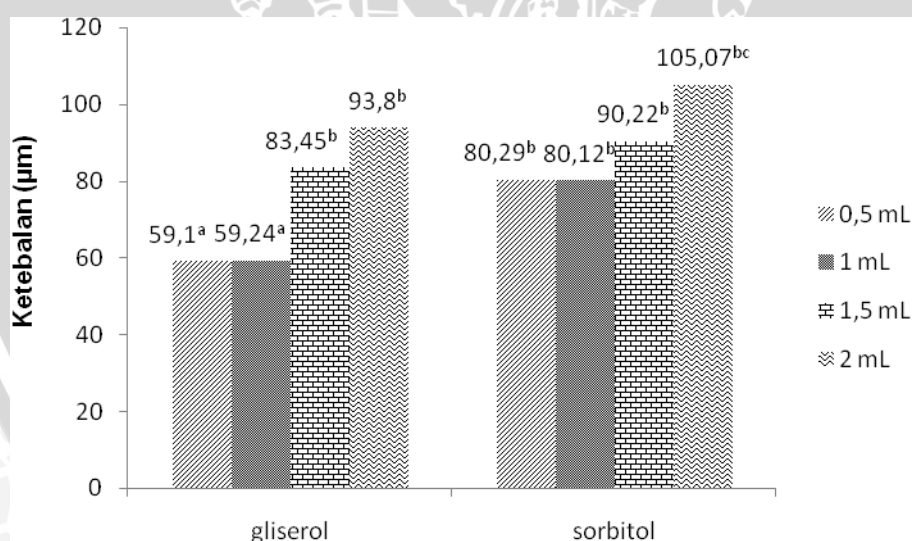
Pada Grafik 16 dapat dilihat bahwa *edible film* dengan transmisi uap air terbaik dari perlakuan sorbitol 1 mL. Hasil transmisi uap air dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 44,23 – 67,27 g/m².jam sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang diberikan, maka nilai transmisi uap air semakin meningkat. Hal ini diduga disebabkan oleh sifat *plasticizer* yang bersifat hidrofilik dan mampu menurunkan tegangan antar molekul pada matriks *edible film* yang menyebabkan ruang antar molekul semakin besar sehingga uap air bisa menembus *edible film*.

Menurut Sobral *et al.* (2001) menyatakan bahwa penggunaan *plasticizer* secara umum dapat meningkatkan nilai WVP (*Water Vapour Permeability*). Meningkatnya nilai WVP menunjukkan bahwa kualitas *edible film* yang dihasilkan semakin buruk. WVP merupakan kemampuan *edible film* untuk menjaga kandungan air dalam produk agar tidak mudah menguap sehingga nilai WVP perlu ditekan seminimal mungkin (Ma *et al.* 2008). Transmisi uap air didefinisikan laju konstan dimana uap air merembes melalui *edible film* pada suhu dan kelembaban relatif tertentu (Budyanto dan Kusnadi, 2013).

Nilai transmisi uap air dipengaruhi oleh konsentrasi *plasticizer* dan juga bahan campuran. Bahan campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan. Menurut Katili, *et al.*(2013), semakin tinggi konsentrasi kitosan, maka semakin tinggi pula nilai transmisi uap air.

4.4.4 Ketebalan

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan terhadap ketebalan (Lampiran 15) menunjukkan penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ($p < 0.05$). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik hubungan jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap ketebalan *edible film*

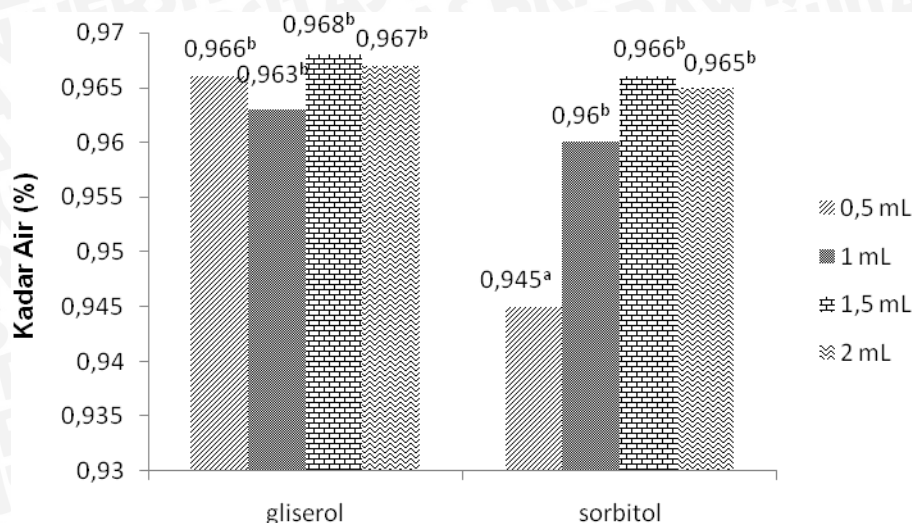
Dari grafik 17 dapat dilihat bahwa *edible film* dengan ketebalan terbaik dari perlakuan gliserol 0,5 mL. Hasil ketebalan *edible film* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 59,10 – 105,07 μm . Semakin tinggi

konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan, maka ketebalan akan semakin tinggi karena jumlah padatan pada larutan film tersebut bertambah.

Ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh viskositas, konsentrasi dan kepadatan larutan biopolimer, waktu pengeringan, komposisi kimia dan permukaan dari sampel yang akan dilapisi juga diketahui mempengaruhi ketebalan *edible film* (Zevallos dan Krochta, 2003). Viskositas memiliki korelasi dengan jumlah padatan dalam larutan, semakin tinggi nilai viskositas dalam larutan maka jumlah padatan dalam larutan akan meningkat sehingga nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan juga akan meningkat (Rachmawati dan Suryani, 2011).

4.4.5 Kadar Air

Analisis sidik ragam perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa-iota karaginan dan kitosan terhadap nilai kadar air (Lampiran 16) menunjukkan penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air *edible film*. Konsentrasi *plasticizer* juga memberikan pengaruh nyata, dan ada interaksi nyata pada kedua perlakuan ($p < 0.05$). Pengaruh perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap kadar air *edible film*

Pada Grafik 18 dapat dilihat bahwa *edible film* dengan nilai kadar air terbaik dari perlakuan sorbitol 0,5 mL. Hasil kadar air *edible film* dengan kombinasi perlakuan jenis dan volume *plasticizer* yaitu 0,945 – 0,968 %. Kadar air pada penelitian ini terlihat tidak stabil, hal tersebut mungkin dikarenakan karena tempat penyimpanan bahan-bahan pembentuk *edible film* yang kurang baik serta adanya gelembung gas ataupun lubang pada *edible film* yang diakibatkan saat proses pembuatan kurang homogen. Kadar air yang didapat pada *edible film* dengan perbedaan jenis *plasticizer* antara gliserol dan sorbitol serta konsentrasi *plasticizer* antara 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Menurut Setiani *et al.* (2013), faktor yang mempengaruhi kadar air yaitu kelembapan udara sekitar yang berkaitan dengan tempat penyimpanan bahan, sifat, dan jenis bahan maupun perlakuan yang telah dialami oleh bahan tersebut.

4.5 Perlakuan Terpilih

Penentuan perlakuan terpilih didapatkan dari menganalisa karakteristik kimia dan fisik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan. Parameter perlakuan terpilih meliputi 5 parameter, yaitu kadar air, *tensile*

strenght, elongasi, transmisi uap air, dan ketebalan. Nilai tiap parameter yang diharapkan berbeda-beda, *tensile strenght* dan elongasi diambil nilai tertinggi, transmisi, ketebalan, dan kadar air diambil nilai terendah. Pada penelitian perbandingan penggunaan konsentrasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan, sifat yang menentukan kualitas *edible film* berdasarkan ketebalan, *tensile strenght*, elongasi.

Menurut Wafiroh (2010), Sifat fisik dari *edible film* dapat diketahui dengan mengukur ketebalan film dan morfologinya dengan uji SEM. Sifat mekanik dari *edible film* meliputi kuat tarik (*tensile strenght*), *stress*, *strain*, persen pemanjangan (*elongation to break*) dan elastisitas (*elastic modulus/young modulus*).

Perlakuan terpilih pada penelitian *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan dengan dua jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu: uji kadar air diambil nilai terendah yaitu 0,945% pada perlakuan A_2B_1 dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 0,5% mL. Uji transmisi uap air diambil nilai terendah yaitu 43,90 g/m².jam pada perlakuan A_2B_1 dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 0,5 mL. Uji ketebalan diambil nilai terendah yaitu 59,10 μ m pada perlakuan A_1B_2 dengan penambahan *plasticizer* gliserol 0,5 mL. Uji perpanjangan diambil nilai tertinggi yaitu 13,42% pada perlakuan A_2B_4 dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 2 mL. Dan Uji *tensile strenght* diambil nilai tertinggi yaitu 19,32 N/mm² pada perlakuan A_2B_1 dengan penambahan *plasticizer* sorbitol 0,5 mL. Berdasarkan hasil analisa terhadap karakteristik *edible film*, perlakuan yang cenderung memiliki nilai tiap uji lebih baik atau memenuhi nilai yang diharapkan yaitu pada perlakuan A_2B_1 dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL). Dengan hasil nilai tiap uji yaitu kadar

air 0,945%, transmisi uap air 43,90 g/m².jam, ketebalan 80,29 µm, perpanjangan 5,15%, dan *tensile strength* 19,32 N/mm².

Nilai tiap parameter pada penelitian ini terhadap standar *edible film* komersil pada Tabel 2 (SNI, 2004), *tensile strength* (kuat tarik) yaitu 19,32 N/mm² pada *grade* 2 dengan nilai minimal 15,00 N/cm², elongasi yaitu 5,15% pada *grade* 10 dengan nilai minimal 5%, dan transmisi uap air yaitu 0,0439 g/cm².jam memasuki *grade* 1 pada standar *edible film* dengan nilai maksimal 0,1. Sedangkan kadar air hasil penelitian yang terbaik yaitu 0,945% telah memenuhi standar *edible film*, karena standar kadar air pada *edible film* menurut Arifin, (2009), yaitu dibawah 20%. Nilai ketebalan yang terbaik pada perlakuan hasil terbaik yaitu 59,10 µm yang memenuhi standar karena ketebalan *edible film* yang baik berkisar 0,1 – 0,2 cm (Arifin, 2009).

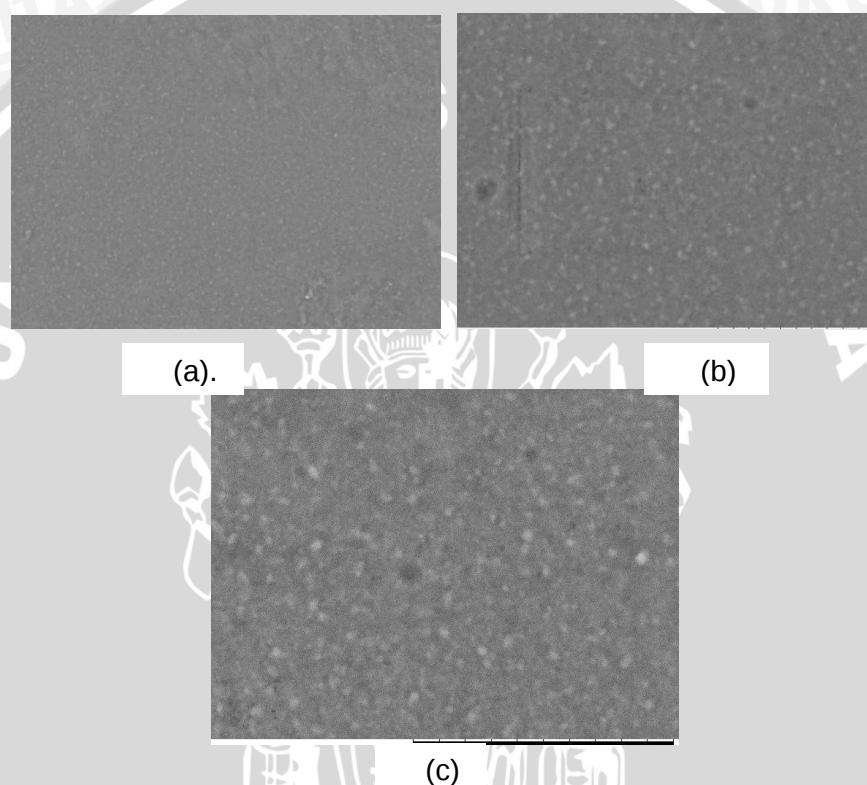
4.6 Analisa Scanning Electronic Microscope (SEM) dari Perlakuan Terpilih

Analisa *Scanning Electronic Microscope* (SEM) pada *edible film* bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur dari *edible film*. Menurut (Zaidar et al.2013) , dilakukan uji SEM untuk melihat kompabilitas campuran zat tambahan serta menunjukkan morfologi permukaan dari film apakah sudah merata. Hasil proses pembuatan *edible film* dilakukan pengujian struktur dengan SEM oleh karena analisis SEM berfungsi menentukan bentuk (morfologi) serta perubahan dari suatu bahan.

Menurut Anggraeni (2008), SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. Sebelum melalui lensa elektromagnetik terakhir *scanning raster* mendeflesikan berkas elektron untuk menscan permukaan sampel. Hasil scan ini tersinkronisasi dengan tabung sinar katoda dan gambar sampel akan tampak pada area yang di-scan. Tingkat kontras yang

tampak pada tabung sinar katoda timbul karena hasil refleksi yang berbeda-beda dari sampel.

Berdasarkan analisa diperoleh hasil mikrostruktur *edible film* berbahan campuran kappa iota karaginan dan kitosan pada perlakuan terpilih yaitu dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Mikrostruktur *edible film* campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan dengan *plasticizer* sorbitol konsentrasi 0,5%. (a) Perbesaran 1000X, (b) Perbesaran 2000X, (c) Perbesaran 3000X.

Hasil analisis morfologi pada gambar 19 menunjukkan permukaan yang halus dan merata namun terdapat lubang pori-pori, hal ini dikarenakan larutan yang kurang homogen pada saat pembuatan *edible film*. Namun struktur *edible film* pada penelitian ini lebih baik yaitu tidak terdapat retakan dan terlihat lebih halus dibandingkan dengan hasil SEM sampel *edible film* dalam penelitian (Setiani *et al.* 2013) dengan komposisi variabel pati sukun : kitosan : sorbitol (6:4:30%) menunjukkan permukaan struktur molekul *edible film* pati sukun terlihat

tidak rapat, terdapatnya retakan dan berpori. Hal ini disebabkan karena pembuatan *edible film* yang kurang homogen dan diduga diakibatkan oleh serat kitosan yang ukuran partikelnya cukup besar yaitu 20-30 *mesh* sehingga tidak terlarut sempurna serta dengan kurang rapatnya struktur atau retakan dari serat-serat tersebut menyebabkan air akan terserap lebih banyak.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini dengan komposisi variabel kappa:iota:kitosan:sorbitol menggunakan kitosan dengan ukuran partikel lebih kecil yaitu 100 *mesh* serta penambahan sorbitol dengan konsentrasi 0.5% (0.5 mL) dapat meningkatkan kerapatan mikrostruktur *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- a) penggunaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang berbeda berpengaruh terhadap peningkatan nilai ketebalan, perpanjangan (elongasi), transmisi uap airdan kadar air dengan nilai masing-masing 105,07 μm ; 13,42 %; 0,0664 g/cm².jam; dan 0,968% serta berpengaruh terhadap penurunan kuat tarik (*tensile strength*) dengan nilai terendah 10,29 N/mm².
- b) Perlakuan terpilih untuk karakteristik *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan pada perlakuan A₂B₁ dengan perbandingan 2:1:1 (1 g kappa dan 0,5 g iota dan 0,5 g kitosan) adalah *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 0,5% (0,5 mL).

5.2 Saran

Pada penelitian ini nilai karakteristik perpanjangan (elongasi) berdasarkan standar komersil masih memasuki *grade edible film* yang rendah, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna meningkatkan kualitas pada *edible film* campuran kappa iota karaginan dan kitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad, Lucille V, A. B., Fernando, L. S. Relleve, Montefalcon, D. R. V., Girlie, E. P. Lopez. 2015. *Characterization of low molecular weight fragments from gamma irradiated κ -carrageenan used as plant growth promoter*. Radiation Physics and Chemistry. Vol. 10. No 2.
- Akili, M.S., Ahmad, U. dan Suyatma, N.E., 2012. *Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol 26. No 1.
- Amaliya, R. R. dan W. D. R. Putri. 2014. *Karakterisasi edible film dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri*. Jurnal Pangan dan Agroindustri. Vol 2. No 3.
- Anggadireja, J., Istini S., Zatrika A., Suhaimi. 1986. *Manfaat dan Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Arifin, F., Nurhidayati L., Syarmalina., Rensy. 2009. *Formulasi edible film ekstrak daun sirih (Piper betle L.) antihalitosis*. Kongres Ilmiah ISFI XVII.
- Aslan M. 1998. *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Kanisius.
- Atmadja WS, Kadi A, Sulistijo, Rahmaniar S. 1996. *Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia*. Jakarta : Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Azkarahman, A. R., Thohari I., Purwadi. 2010. *Pengaruh Penambahan Gliserol Sebagai Plasticizer Terhadap Ketebalan, Water Vapour Permeability (WVP), Daya Rentang dan Pemanjangan Edible Film Komposit Whey – Kitosan*. Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Butler, B.L., Vernago, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.M., Wiles, J.L. 1996. *Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by Composition and Storage*. Journal Food Science. Vol 61. No 5.
- Cholik, F., A. G. Jagatraya, R. P. Poernomo., A. Jauzi. 2005. *Akuakultur PT. Victoria Kreasi Mandiri*: Jakarta.
- Dahril, T., Muchtar, A. 1989. *Biologi Udang Yang Dibudidayakan Dalam Tambak*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
- Dallan, P. R. M., Moreira, P. da Luz., Petinari, L., Malmonge, S. M., Beppu, M. M., Genari, S. C. and Moraes, A. M. 2006. *Effects of Chitosan Solution Concentration and Incorporation of Chitin and Glycerol on Dense Chitosan Membrane Properties*. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials. Vol 80B. No 2.
- Damat. 2008. *Efek jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap karakteristik edible film dari pati garut butir*. Jurnal Teknologi Pertanian. vol 16. No 3.
- Danhowe, G., Fennema, O. 1994. *Edible film and coating: Characteristic, formation, definition and testing methods*. Academic Press Inc. Lancaster.

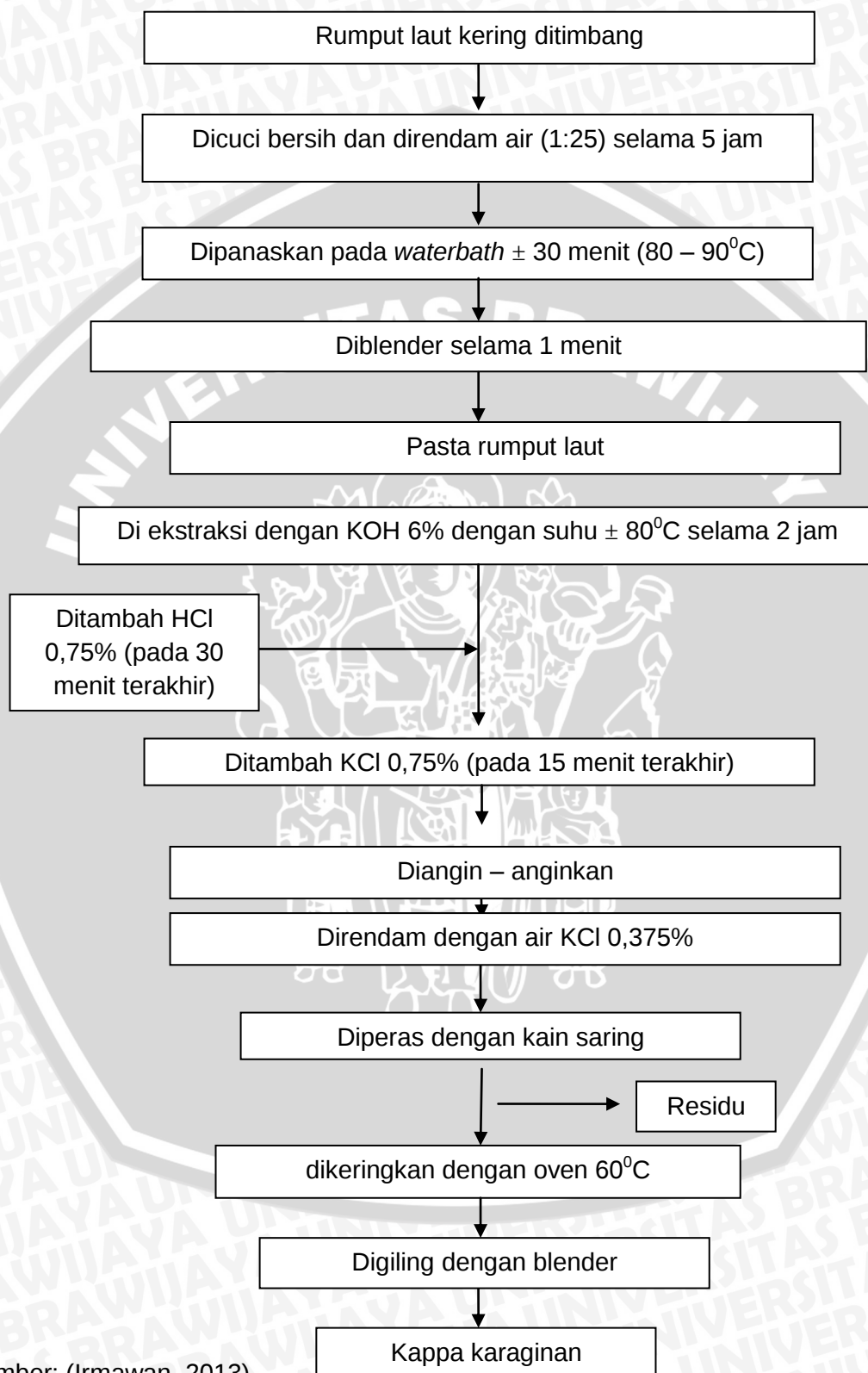
- Elisa, F.R. 2014. *Perbandingan Penggunaan Konsentrasi Dan Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible film Berbahan Mix Kappa-Iota Karagenan*. Skripsi. Teknologi Hasil Perikanan. FPIK :UB Malang.
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor.
- Fernandez, S. P., Lagaron, J. M., Hernandez M. P., Ocio, M. J. 2008. "Characterization of Antimicrobial Properties on The Growth of *S. aureus* of Novel Renewable Blends of Gliadins and Chitosan of Interest in Food Packaging and Coating Applications". *International Journal of Food Microbiology*. Vol 1224. No 1.
- Focher, B. 1992. *Struktural Differences Between Chitin Polymorphs and Their Precipitates from Solution Evidence from CP-MAS 13 C-NMR, FT-IR and FT-Raman Spectroscopy*. *Carbohydrat Polymer*. Vol 17. No 2.
- Glicksman, M. 1969. *Gum Technology in the Food Industry*. New York: Academic Press.
- Gontard, N.S., Guilbert., Cuq, J.L. 1993. *Water and Glycerol as Plasticizer effect mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film*. *Journal Food Sci*. Vol 58. No 1.
- Guilbert, J.M., Park, C.F. Jr., 1986. *The Geology of Ore Deposits*. W.H. Freeman and Company: New York.
- Hellebust J.A., Cragie J.S. 1978. *Handbook of Phycological Methods*. London: Cambridge University Press.
- Hernandez, G. 2013. *Conventional and alternative technologies for the extraction of algal polysaccharides*. Woodhead Publishing Limited: Mexico.
- Hui, Y. H. 2006. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. CRC Press, USA.
- Huri, D., Nisa, F.C. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film*. *Jurnal pangan dan Agroindustri*. Vol 2. No 4.
- Irmawan. A. B. 2013. *Pengaruh Suhu dan Lama Penggorengan yang Berbeda pada Mi Instan Lele Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas) yang Difortifikasi dengan Lactobacillus acidophilus Terhadap Viabilitas Lactobacillus acidophilus*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Julianto, E. G., Ustadi., Husni, A. 2011. *Karakterisasi Edible Film Dari Gelatin Kulit Nila Merah Dengan Penambahan Plasticizer Sorbitol Dan Asam Palmitat*. *Jurnal Perikanan*. Vol. 13. No. 1.
- Kasim, S. 2013. *Rendemen Karaginan Yang Diperoleh Dari Rumput Laut Jenis Eucheuma spinosum Asal Kota Bau-Bau*. *Majalah farmasi dan Farmakologi*. Vol. 17. No. 4.

- Katili, Sari., Harsunu, B. T., Irawan, S. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan Dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Film Dari Khitosan*. Jurnal Teknologi. Vol. 6. No. 1.
- Krochta, J.M., Johnston D.M. 1997. *Edible and Biodegradable Polymer Film: Changes & Opportunities*, Food Technology 51.
- Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos. C. M.O. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster.
- Kusnadi, J P., Budyanto. 2013. *Formulasi edible film antibakterial active packaging dengan penambahan ekstrak antibakteri daun jati*. Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang.
- Lai, H.M., Padua G.W., Wei, L.S. 1997. *Properties and microstructure of zein sheets plasticized with palmitic and stearic acids*. Cereal Chemistry. Vol. 74. No. 1.
- Latipun. 2002. *Psikologi Eksperimen*. Universitas Muhammadiyah Malang. Pres:Malang
- Marganov. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. Pengantar Falsafah Sains (PP702) Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Martins, J.T., Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Vicente, A. A. 2014. *Synergistic effects between k-carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof*. Journal Of Food Hydrocoloids. Vol 29. No 12.
- Mc Hugh, T.H., Krochta, J.M. 1994. *Sorbitol vs Glycerol plasticized whey protein edible films: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation*. Journal Agriculture Food chemistry. Vol. 42. No. 5.
- Mc Hugh, T.H., Evena, B. R., Krochta J.M. 1993. *Hydrophilic edible film: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects*. Journal of Food Science. Vol. 58. No. 4.
- Mirzayanti, Y. W. 2013. *Pemurnian Gliserol Dari Proses Transesterifikasi Minyak Jarak Dengan Katalis Sodium Hidroksida*. Skripsi. Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Nakorn, P.N. 2008. *Chitin nanowhisker and chitosan nanoparticles in protein immobilization for biosensor applications*. Journal of Metals, Materials and Minerals. Vol. 18. No. 2.
- Nehen, I. K. 1987. *"Study Kelayakan Usaha Budidaya Rumput Laut di Daerah Bali"*. Skripsi. Universitas Udayana: Denpasar
- No, H. K., S.P. Meyers, W. Prinyawiwatkul, and Z. Xu. 2007. *Applications of Chitosan for Improvement of Quality and shelf Life of Foods: A Review* Journal Food Science. Vol. 72. No. 5.

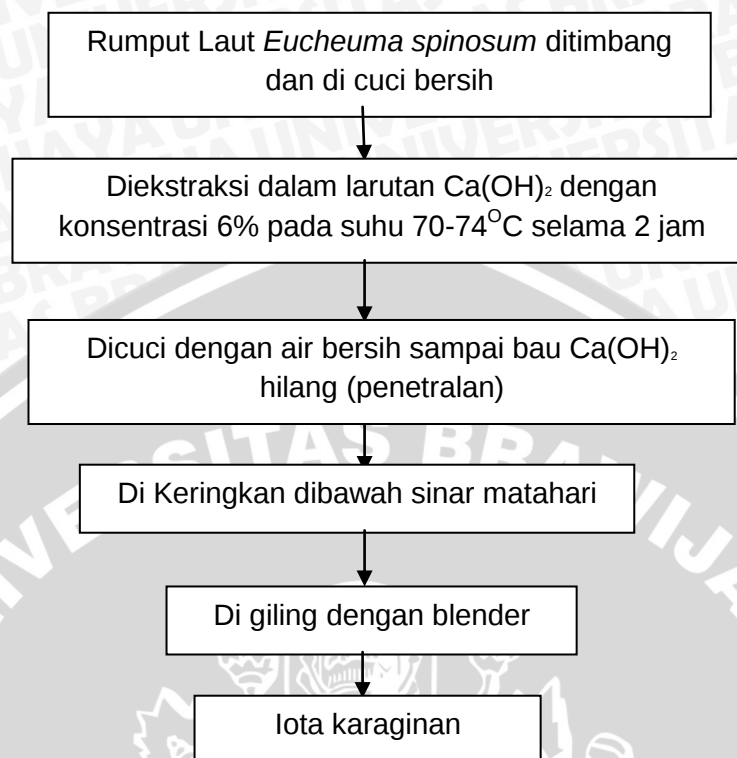
- Pebrianata, E. 2005. "Pengaruh Pencampuran Kappa dan Iota Karaginan terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karaginan Campuran". Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB : Bogor
- Pebriani, R.H., Yetria, R., Zulhadjri. 2012. *Modifikasi Komposisi Kitosan Pada Proses Sintesis Komposit Tio₂-Kitosan*. Jurnal Kimia Unand, Universitas Andalas : Padang. Vol. 1 No. 1.
- Perry, R.H., Green, D. 1999 *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Phillips, G.O., Williams, P.A. 2001. *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press. Inggris.
- Prasetyowati, A. C. J., Agustawan, D. 2008. *Pembuatan Tepung Karaginan Dari Rumput Laut (Eucheuma Cottonii) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan*. Jurnal Teknik Kimia. Vol 15. No 2.
- Rachmawati, A.K., 2009. *Ekstraksi Dan karakterisasi Pektin Cincau Hijau (Premna oblongifolia. Merr) Untuk Pembuatan Edible Film*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rachmawati, E., Suryani, L. 2011. *Optimasi proporsi campuran gluten dan gum arab serta penambahan asam stearat dalam pembuatan edible film dan aplikasinya untuk pelapisan kacang bawang rendah lemak*. Prosiding Seminar Nasional. Universitas Slamet Riyadi Surakarta.
- Rodriguez, M, J. Oses, K. Ziani., Mate, J.I. 2006. *Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films*. Food Resource Int. Vol 39.
- Santoso, B., Filli, P., Basuni, H., Rindit P. 2011. *Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. 22. No 2.
- Setiani, W., T. Sudiarti., Rahmidar, L. 2013. *Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun – kitosan*. Jurnal Valensi. Vol 3. No. 2.
- Sinaga, L.L., Rejekina, M.S., Sinaga, M.S. 2013. *Karakteristik Edible Film dari Ekstrak Kacang Kedelai Bahan Pengemas Makanan*. Jurnal teknik Kimia. Vol. 2. No. 4.
- SNI.2004. SNI-06-0182-2004. *Film PVC Untuk Kemasan Kembang Gula*. SNI-edible film. Vol. 1. No. 6.
- Sobral, P.J.A., F.C. Manegalli., M.D. Hubinger, and M.A. Roques. 2001. *Mechanical, water vapour barrier and thermal properties of gelatin based edible films*. Food Hydrocolloid. Vol. 15
- Soetomo, H. A. 1988. *Teknik Budidaya Udang Windu*. Penerbit Sinar Baru Algesindo: Bandung.
- Sudarmadji, S. B., Haryono., Suhardi. 2003. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty: Yogyakarta.

- Suryaningrum, T.D., Basmal, J., Nurochmawati. 2005. *Studi Pembuatan Edible Film Dari Karaginan*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Vol. 11. No. 4.
- Tamaela, P., Lewerissa, S. 2008. *Karakteristik Edible Film dari Karaginan*. Ichthyos.Penelitian Pertanian.vol. 7. No. 1.
- Vieira, M.G.A, Mariana, A. D.S., Licielen O.D.S., Marisa, M.B. 2011. *Natural-Based Plasticizers And Biopolymer Films*. European Polymer Journal. Vol. 47. No. 3.
- Villanueva, R.D., Mendoza W.G., Rodriguez, M.R.C., Romero J.B., Montano M.N.E. 2004. *Structure and functional performance of gigartinacean kappa-iota hybrid carrageenan and solieriacean kappa-iota carrageenan blends*. Food Hydrocolloids. Vol.18.
- Vojdani, F., and Torres, J.A. 1990. *Potassium Sorbat Permeability of Methycellulose and Hidroxypropyl Methycellulose Coating : Effect of Fatty Acid*. Journal Food Science. Vol. 55. No. 3.
- Wafiroh, S., Ardiarto T., Agustin, E. T. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film Dari Komposit Kitosan Pati Garut (Maranta Arundinaceae L) Dengan Pemlastis Asam Laurat*. Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Vol. 13. No. 1.
- Widyaningsih, S., Kartika, D. & Nurhayati, Y.T., 2012. *Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang*. Molekul. Penelitian Pertanian. Vol. 7. No. 1.
- Widyastuti, S., 2008. *Kadar Karaginan Rumput Laut Eucheuma cottonii Strain Maumere dan Tembalang pada Beberapa Umur Panen di Muluk Lombok Tengah*. Agroteksos. Vol. 17. No. 2.
- Winarno F.G. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Wittaya, T., 2013. *Influence of Type and Concentration of Plasticizers on the Properties of Edible Film From Mung Bean Proteins*. KMTIL Science and technology Journal. Vol. 13. No.1.
- Yoshida, C.M.P. and A. J. Antunes. 2004. *Characterization Of Whey Protein Emulsion Films*. Brazilian Journal Of Chemical Engineering.
- Yuguchi, Y., Thuy T.T., Urakawa H., Kajiwaru K. 2002. *Structural characteristics of carrageenan gels: temperature and concentration dependence*. Food Hydrocolloids. Vol.16.
- Yulianti, R., Ginting, E. 2012. *Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film dari Ubi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan Plasticizer*. Penelitian Pertanian.
- Zevallos, C.R., Krochta, J.M. 2003. *Whey Protein Coatings for Fresh Fruits and Relative Humidity Effects*. Journal Of Food Science. Vol. 68. No. 1.

LAMPIRAN

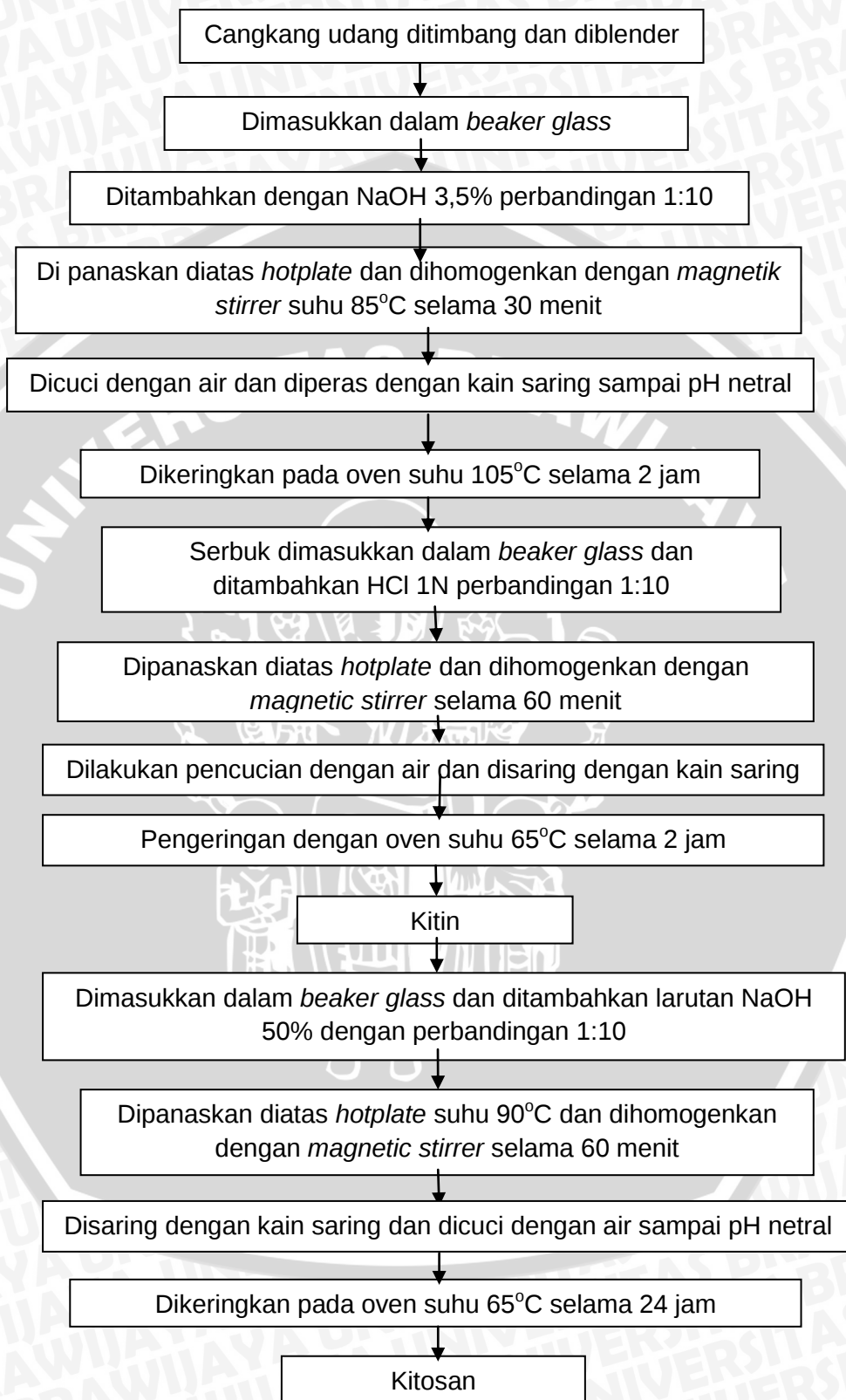
Lampiran 1. Pembuatan Karaginan dari *Eucheuma cottonii* Metode Gel Press

Sumber: (Irmawan, 2013)

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

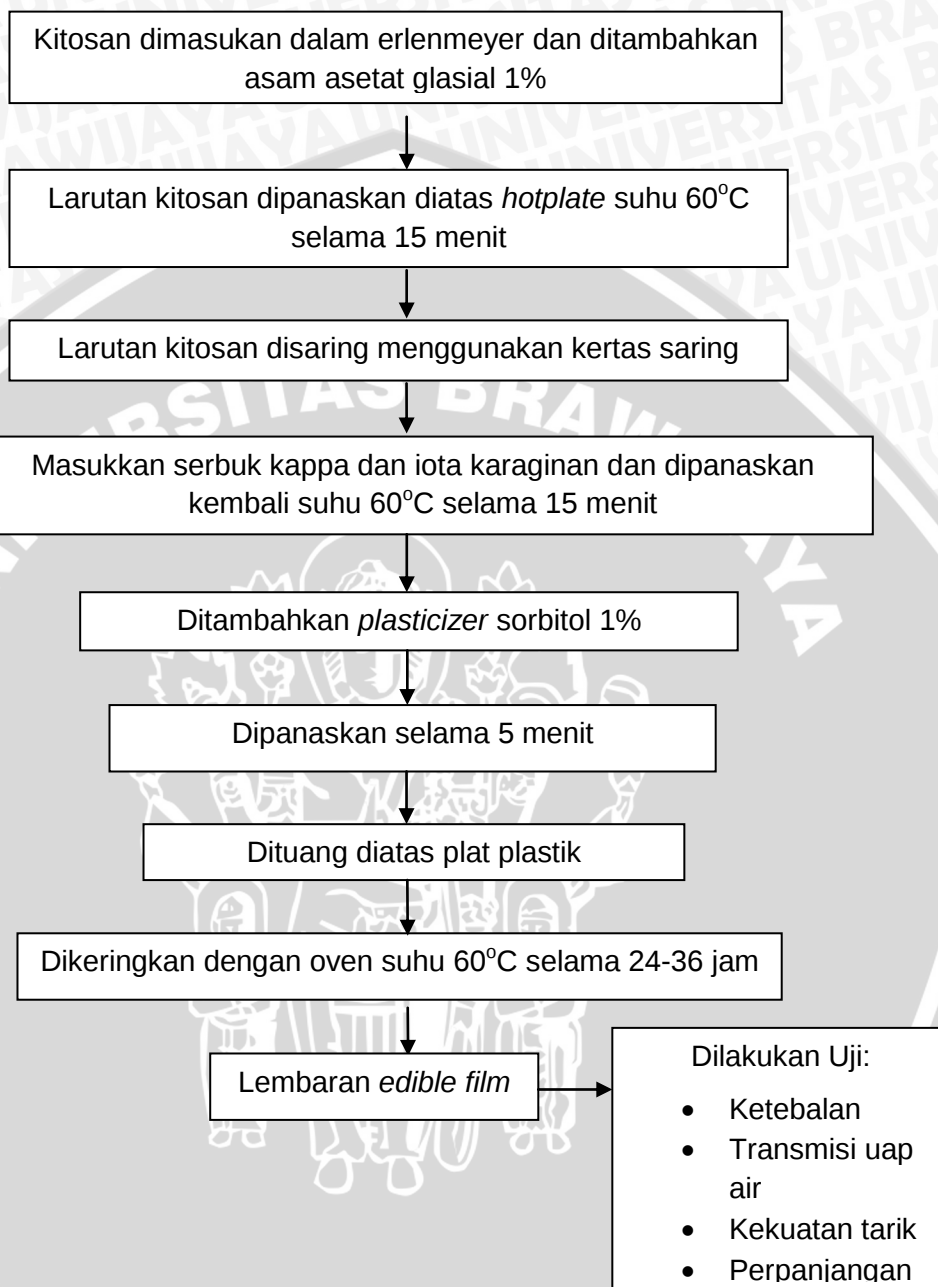
Sumber : (Phillips dan Williams, 2001)

Lampiran 3. Skema Kerja Pembuatan Kitosan dari Cangkang Udang Windu (*Panaeus monodon*)



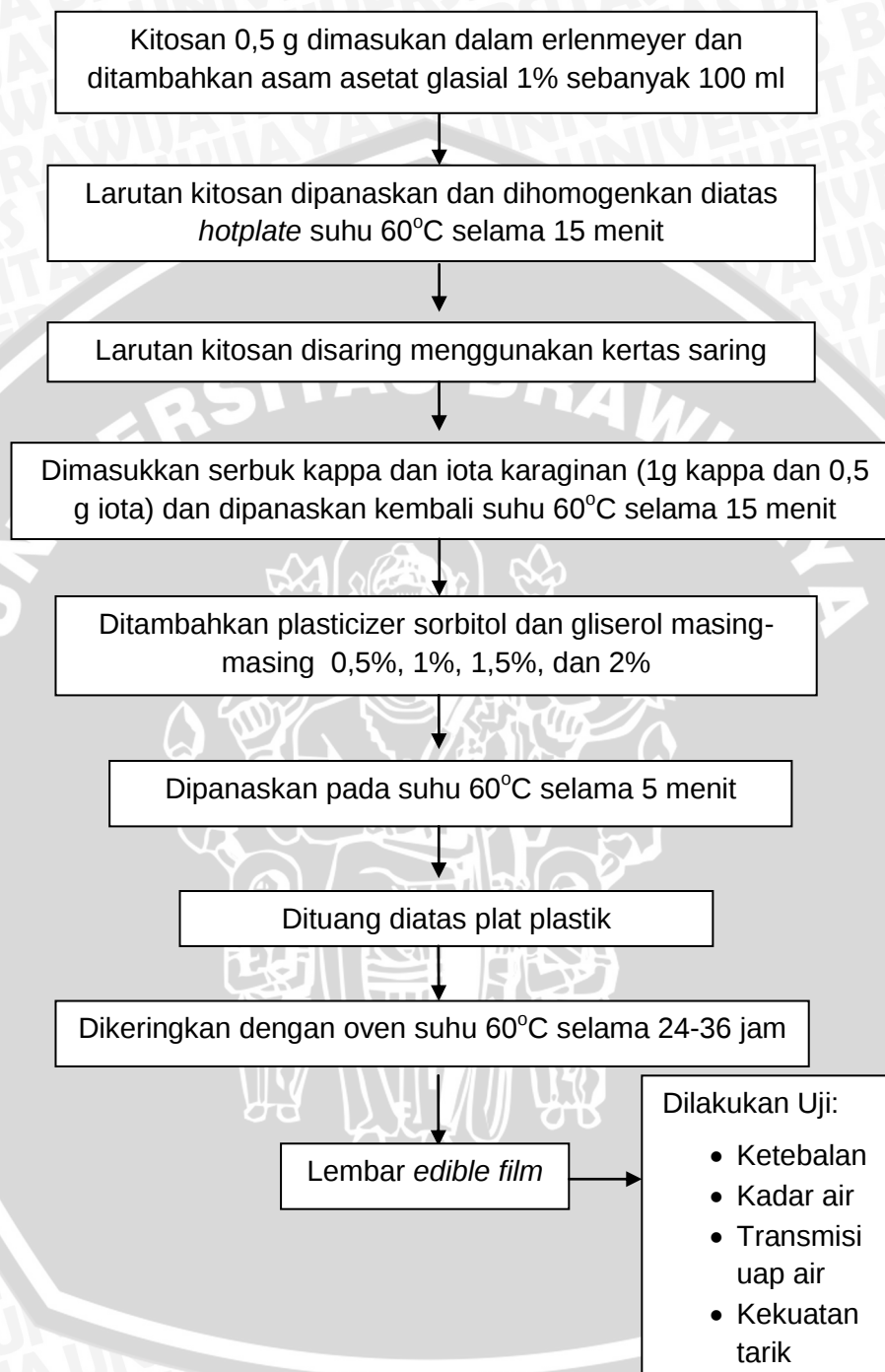
Sumber: Hong K. No, 1989

Lampiran 4. Prosedur Penelitian Pendahuluan Pembuatan *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan dengan metode Vojdani dan Torres



Sumber: (Vojdani dan Torres, 2013).

Lampiran 5. Prosedur Pembuatan *Edible Film* dengan *Plasticizer* Gliserol dan Sorbitol dengan metode Vojdani dan Torres



Sumber: (Vojdani dan Torres, 2013).

Lampiran 6. Prosedur Analisa Kadar Air

Prinsip penentuan kadar air adalah menguapkan air dalam bahan dengan jalan pemanasan, kemudian menimbang bahan sampel berat konstan yang berarti semua air bebas sudah diuapkan. Prosedur penentuan kadar air adalah sebagai berikut:

1. Sampel ditimbang sebanyak 2,5 g dimasukkan pada botol timbang yang telah diketahui beratnya.
2. Botol timbang tersebut dimasukkan dalam oven dengan suhu 105⁰C selama 3 – 4 jam atau hingga diperoleh berat konstan.
3. Sampel tersebut kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator dan segera ditimbang setelah mencapai suhu kamar.
4. Memasukkan kembali bahan tersebut ke dalam oven sampai tercatat berat yang konstan (selisih 2 kali penimbangan <0,2 mg). kehilangan berat tersebut dihitung sebagai persentase kandungan air dan dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{bobot sampel awal (g)} - \text{bobot sampel akhir (g)}}{\text{bobot sampel (g)}} \times 100\%$$

Lampiran 7. Prosedur Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

Prosedur kerja analisa SEM adalah sebagai berikut:

1. Alat disambungkan dengan sumber listrik.
2. Dinyalakan saklar yang berada di samping alat SEM dan dibiarkan selama 30 menit untuk pemanasan alat.
3. Mengatur sampel pada *specimen holder*.
4. Ditekan tombol “EVAC/AIR” untuk memasukkan udara ke dalam ruang specimen (hingga lampu LED berwarna kuning berhenti berkedip).
5. Ditarik *handle* pada tempat sampel dan diletakkan sampel pada tempat *holder* yang tersedia, kemudian handle ditutup.
6. Ditekan tombol “EVAC/AIR” untuk memvakumkan ruang *specimen* (hingga lampu LED berwarna biru berhenti berkedip).
7. Diklik icon “SEM” pada monitor laptop.
8. Diklik icon “START” untuk memulai proses observasi pada sampel.
9. Disimpan hasil observasi dan analisanya.
10. Diklik “STOP” untuk menghentikan proses observasi sampel.
11. Ditekan tombol “EVAC/AIR” untuk memasukkan udara ke dalam ruang specimen (hingga lampu LED berwarna kuning berhenti berkedip).
12. Ditarik *handle* pada tempat sampel dan sampel dikeluarkan dari *chamber*.
13. Dikeluarkan sampel dari tempat *holder*.
14. Ditekan tombol “ON/OFF” dan dicabut kabel alat SEM dari sumber listrik.

Lampiran 8. Analisis (*Tensile Strength*) Edible Film Campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan

1. Data *Tensile Strength*

Tabel 1. Hasil Analisis *Tensile Strength*

perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A4	8,36	9,32	9,19	26,87	8,9567
A5	7,64	7,38	7,56	22,58	7,5267
A6	15,67	15,05	14,71	45,43	15,1433
A7	21,02	20,22	20,64	61,88	20,6267
A8	22,59	22,07	21,76	66,42	22,1400
A9	11,87	11,58	11,83	35,28	11,7600
TOTAL	87,1500	85,6200	85,6900	258,4600	86,1533

Keterangan:

A4 : Konsentrasi (1:0:3)

A5 : Konsentrasi (1:1:2)

A6 : Konsentrasi (1:2:1)

A7 : Konsentrasi (2:1:1)

A8 : Konsentrasi (2:0:2)

A9 : Konsentrasi (3:0:1)

2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

2.1 Hipotesis

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$ atau $A = B = C = D$

H_1 : paling sedikit ada sepasang T_1 yang tidak sama atau paling sedikit ada sepasang nilai tengah yang tidak sama.

3. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

3.1 Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\sigma^2}{r \times n} = \frac{258,460^2}{18} = 3711,1984$$

3.2 Jumlah Kuadrat Total Percobaan

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= 8,36^2 + 9,32^2 + \dots + 11,83^2 - FK \\ &= 4262,1624 - 3711,1984 \\ &= 550,9640 \end{aligned}$$

3.3 Jumlah Perlakuan

$$\begin{aligned} JK \text{ Perlakuan} &= \frac{69,8899^2 + 86,8624^2 + \dots + 134,2503^2}{3} - FK \\ &= 4260,3891 - 3711,1984 = 549,1907 \end{aligned}$$

3.4 Jumlah Galat

$$\begin{aligned}\text{JK Galat} &= \text{JK Total Percobaan} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 550,9640 - 549,1907 = 1,7733\end{aligned}$$

4. Analisis of Variance (ANOVA)

Tabel 2. Analisis Ragam Konsentrasi *Kappa-Iota* karaginan dan kitosan

SK	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{5%}	F _{1%}
Perlakuan	5	549,1907	109,8381	743,293	3,11	5,06
Galat	12	1,7733	0,1478			
Total	17	550,9640				

Kesimpulan: $F_{hitung} > F_{1\%}$ Terima H_1 : berbeda sangat nyata.

5. Interpretasi

Perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda dapat mempengaruhi *tensile strength edible film campuran kappa iota karaginan dan kitosan*. Perlakuan A₉ dengan konsentrasi *kappa : iota : kitosan* yaitu 3 : 0 : 1 (3 g kappa : 0 g iota : 1 g kitosan) memiliki nilai *tensile strength* paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

6. Menghitung BNT 5%

$$\text{BNT}_{\alpha} = t_{\alpha}(\text{db galat}) \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT Galat}}{\text{ulangan}}}$$

$$\begin{aligned}\text{BNT}_{0,05} &= t_{0,05(12)} \times \sqrt{\frac{2(0,1478)}{3}} \\ &= 2,179 \times 0,3139 \\ &= 0,684\end{aligned}$$

7. Notasi BNT 5%

Tabel 3. Kolom Notasi BNT 5%

Rata - rata <i>Tensile Strength</i>	A5 7,520	A4 8,950	A9 11,760	A6 15,140	A7 20,620	A8 22,140	Notasi
(A5) 7,52	-	-	-	-	-	-	a
(A4) 8,95	1,430	-	-	-	-	-	b
(A9) 11,76	4,240	2,810	-	-	-	-	c
(A6) 15,14	7,620	6,190	3,380	-	-	-	d
(A7) 20,62	13,100	11,670	8,860	5,480	-	-	e
(A8) 22,14	14,620	13,190	10,380	7,000	1,520	-	e

8. Kesimpulan

Dengan BNT 5% maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan A_7 dan A_8 memiliki potensi yang sama dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.



Lampiran 9. Analisis Perpanjangan (Elongasi) *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan

2. Data Perpanjangan

Tabel 1. Hasil Analisis Perpanjangan

perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A4	8,36	9,21	8,50	26,07	8,6900
A5	2,93	3,82	3,54	10,29	3,4300
A6	7,28	6,65	7,40	21,33	7,1100
A7	8,20	9,23	8,70	26,13	8,7100
A8	5,23	6,01	5,70	16,94	5,6467
A9	8,25	8,97	7,65	24,87	8,2900
TOTAL	40,2500	43,8900	41,4900	125,6300	41,8767

Keterangan:

A4 : Konsentrasi (1:0:3)

A5 : Konsentrasi (1:1:2)

A6 : Konsentrasi (1:2:1)

A7 : Konsentrasi (2:1:1)

A8 : Konsentrasi (2:0:2)

A9 : Konsentrasi (3:0:1)

2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

2.1 Hipotesis

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$ atau $A = B = C = D$

H_1 : paling sedikit ada sepasang T_1 yang tidak sama atau paling sedikit ada sepasang nilai tengah yang tidak sama.

3. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

3.5 Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\sigma^2}{r \times n} = \frac{125,63^2}{18} = 876,8276$$

3.6 Jumlah Kuadrat Total Percobaan

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= 8,36^2 + 9,21^2 + \dots + 7,65^2 - FK \\ &= 945,7853 - 876,8276 \\ &= 68,9577 \end{aligned}$$

3.7 Jumlah Perlakuan

$$\begin{aligned} JK \text{ Perlakuan} &= \frac{679,64^2 + 105,88^2 + \dots + 618,52^2}{3} - FK \\ &= 942,9184 - 874,4562 = 66,0908 \end{aligned}$$

3.8 Jumlah Galat

$$\begin{aligned}\text{JK Galat} &= \text{JK Total Percobaan} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 68,9577 - 66,0908 \\ &= 2,8669\end{aligned}$$

4. Analisis of Variance (ANOVA)

Tabel 2. Analisis Ragam Konsentrasi *Kappa-Iota* karaginan dan kitosan

SK	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{5%}	F _{1%}
Perlakuan	5	66,0908	13,2182	55,3280	3,11	5,06
Galat	12	2,8669	0,2389			
Total	17	68,9577				

Kesimpulan: F_{hitung} > F_{1%} Terima H₁ : berbeda sangat nyata.

5. Interpretasi

Perbandingan konsentrasi kappa iota karaginan dan kitosan yang berbeda dapat mempengaruhi perpanjangan *edible film campuran* kappa iota karaginan dan kitosan. Perlakuan A₄ dengan konsentrasi kappa : iota : kitosan yaitu 1 : 0 : 3 (1 g kappa : 0 g iota : 3 g kitosan) dan perlakuan A₆ dengan konsentrasi kappa : iota : kitosan yaitu 1 : 2 : 1 (0,5 g kappa : 1 g iota : 0,5 g kitosan) memiliki nilai *elongasi* paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

6. Menghitung BNT 5%

$$\text{BNT}_{\alpha} = t_{\alpha}(\text{db galat}) \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT Galat}}{\text{ulangan}}}$$

$$\text{BNT}_{0,05} = t_{0,05(12)} \times \sqrt{\frac{2(0,2389)}{3}}$$

$$= 2,179 \times 0,3990$$

$$= 0,869$$

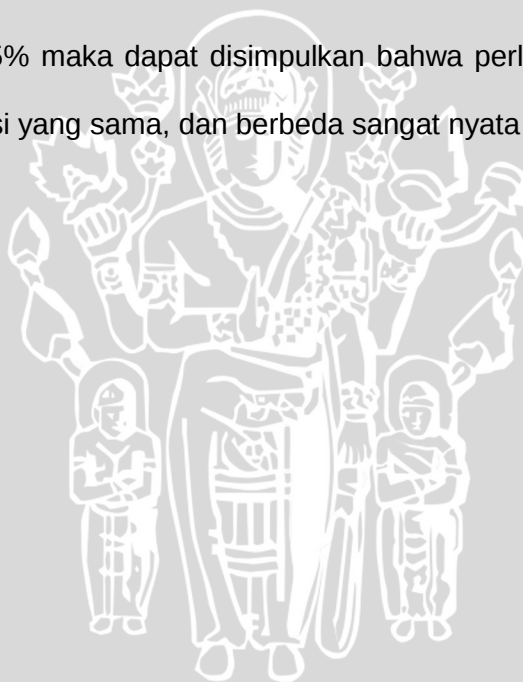
7. Notasi BNT 5%

Tabel 3. Kolom Notasi BNT 5%

Rata - rata elongasi	A5 (3,430)	A8 (5,646)	A6 (7,110)	A9 (8,290)	A4 (8,690)	A7 (8,710)	Notasi
A5 (3,430)	-	-	-	-	-	-	a
A8 (5,646)	2,18	-	-	-	-	-	b
A6 (7,110)	3,68	1,464	-	-	-	-	c
A9 (8,290)	4,86	2,644	1,180	-	-	-	d
A4 (8,690)	5,26	3,044	1,580	0,400	-	-	d
A7 (8,710)	5,28	3,064	1,600	0,420	0,020	-	d

8. Kesimpulan

Dengan BNT 5% maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan A₉, A₄, dan A₇ memiliki potensi yang sama, dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan A₅, A₆, dan A₈.



Lampiran 10. Analisis Transmisi Uap Air *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan kitosan pada Penelitian Pendahuluan

3. Data Transmisi Uap Air

Tabel 1. Hasil Analisis Transmisi Uap Air

perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A4	80,70	78,73	81,17	240,60	80,2000
A5	72,84	73,41	75,60	221,85	73,9500
A6	117,40	117,70	120,91	356,01	118,6700
A7	67,22	66,51	66,25	328,11	109,3700
A8	79,83	80,47	80,30	240,60	80,2000
A9	109,10	109,87	109,14	199,98	66,6600
TOTAL	527,0900	526,6900	533,3700	1587,1500	529,0500

Keterangan:

A4 : Konsentrasi (1:0:3)

A5 : Konsentrasi (1:1:2)

A6 : Konsentrasi (1:2:1)

A7 : Konsentrasi (2:1:1)

A8 : Konsentrasi (2:0:2)

A9 : Konsentrasi (3:0:1)

2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

2.1 Hipotesis

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$ atau $A = B = C = D$

H_1 : paling sedikit ada sepasang T_1 yang tidak sama atau paling sedikit ada sepasang nilai tengah yang tidak sama.

3. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

3.9 Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\sigma^2}{r \times n} = \frac{1587,15^2}{18} = 139946,9513$$

3.10 Jumlah Kuadrat Total Percobaan

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= 80,70^2 + 78,73^2 + \dots + 109,14^2 - FK \\ &= 146478,0809 - 139946,9513 \\ &= 6531,1296 \end{aligned}$$

3.11 Jumlah Perlakuan

$$\begin{aligned} JK \text{ Perlakuan} &= \frac{57888,36^2 + 49217,42^2 + \dots + 39992^2}{3} - FK \\ &= 146461,8117 - 139946,9513 \\ &= 6514,8604 \end{aligned}$$

3.12 Jumlah Galat

$$\begin{aligned}\text{JK Galat} &= \text{JK Total Percobaan} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 6531,1296 - 6514,8604 \\ &= 16,2692\end{aligned}$$

4. Analisis of Variance (ANOVA)

Tabel 2. Analisis Ragam Konsentrasi *Kappa-Iota* karaginan dan kitosan

SK	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{5%}	F _{1%}
Perlakuan	5	6514,8604	1302,9721	961,0592	3,11	5,06
Galat	12	16,2692	1,35588			
Total	17	6531,1296				

Kesimpulan: F_{hitung} > F_{1%} Terima H₁ : berbeda sangat nyata.

5. Interpretasi

Perbandingan konsentrasi *kappa-iota* karaginan dan kitosan yang berbeda dapat mempengaruhi transmisi uap air *edible film campuran kappa-iota* karaginan dan kitosan. Perlakuan A9 dengan konsentrasi *kappa* : *iota* : kitosan yaitu 3 : 0 : 1 (3 g *kappa* : 0 g *iota* : 1 g kitosan) memiliki nilai *transmisi uap air* paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

6. Menghitung BNT 5%

$$\text{BNT}_{\alpha} = t_{\alpha (\text{db galat})} \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT Galat}}{\text{ulangan}}}$$

$$\text{BNT}_{0,05} = t_{0,05 (12)} \times \sqrt{\frac{2 (1,3558)}{3}}$$

$$= 2,179 \times 0,950$$

$$= 2,070$$

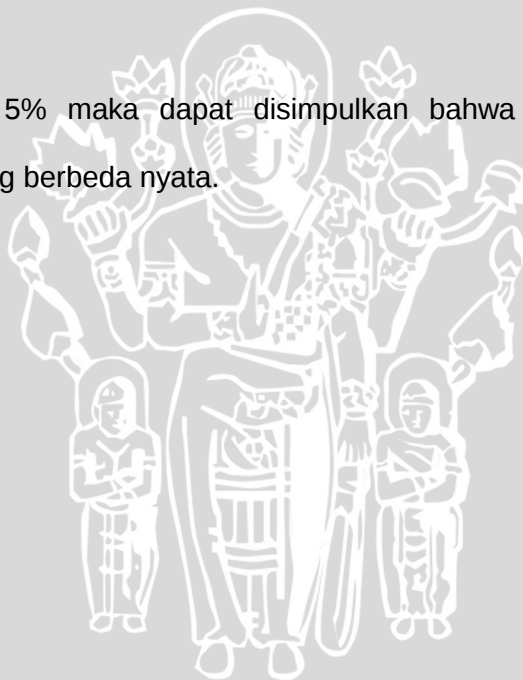
7. Notasi BNT 5%

Tabel 3. Kolom Notasi BNT 5%

Rata - rata Transmisi Uap Air	A7 (66,66)	A5 (73,95)	A4 (80,20)	A8 (80,20)	A9 (109,37)	A6 (118,67)	Notasi BNT _{0,05}
A7 (66,660)	-	-	-	-	-	-	a
A5 (73,950)	7,29	-	-	-	-	-	b
A4 (80,200)	13,54	6,25	-	-	-	-	c
A8 (80,200)	13,54	6,25	-	-	-	-	c
A9 (109,370)	42,71	35,42	29,17	29,17	-	-	d
A6 (118,670)	52,01	44,72	38,47	38,47	9,30	-	e

8. Kesimpulan

Dengan BNT 5% maka dapat disimpulkan bahwa setiap perlakuan memiliki pengaruh yang berbeda nyata.



Lampiran 11. Analisis Ketebalan *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan Kitosan pada Penelitian Pendahuluan

4. Data Ketebalan

Tabel 1. Hasil Analisis Ketebalan

perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A4	48,25	47,35	47,20	142,80	47,6000
A5	116,58	117,10	116,42	350,10	116,7000
A6	83,56	84,80	84,54	252,90	84,3000
A7	72,10	71,31	71,09	214,50	71,5000
A8	56,64	56,89	56,87	170,40	56,8000
A9	132,00	131,40	130,50	393,90	131,3000
TOTAL	509,1300	508,8500	506,6200	1524,6000	508,2000

Keterangan:

A4 : Konsentrasi (1:0:3)

A5 : Konsentrasi (1:1:2)

A6 : Konsentrasi (1:2:1)

A7 : Konsentrasi (2:1:1)

A8 : Konsentrasi (2:0:2)

A9 : Konsentrasi (3:0:1)

2. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

2.1 Hipotesis

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$ atau $A = B = C = D$

H_1 : paling sedikit ada sepasang T_1 yang tidak sama atau paling sedikit ada sepasang nilai tengah yang tidak sama.

3. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

3.1 Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\sigma^2}{r \times n} = \frac{145711,4558^2}{18} = 129133,620$$

3.2 Jumlah Kuadrat Total Percobaan

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= 48,25^2 + 47,35^2 + \dots + 130,50^2 - FK \\ &= 145711,4558 - 129133,620 \\ &= 16577,8358 \end{aligned}$$

3.3 Jumlah Perlakuan

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{29036,16^2 + 122570,01^2 + \dots + 155157^2}{3} - \text{FK} \\ &= 145707,9600 - 129133,620 \\ &= 16574,3400 \end{aligned}$$

3.4 Jumlah Galat

$$\begin{aligned} \text{JK Galat} &= \text{JK Total Percobaan} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 16577,8358 - 16574,3400 = 3,4958 \end{aligned}$$

4. Analisis of Variance (ANOVA)

Tabel 2. Analisis Ragam Konsentrasi *Kappa* dan *Iota*

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{5%}	F _{1%}
Perlakuan	5	16574,3400	3314,8680	11378,9164	3,11	5,06
Galat	12	3,4958	0,2913			
Total	17	16577,8358				

Kesimpulan: $F_{hitung} > F_{1\%} \rightarrow$ Terima H_1 : berbeda sangat nyata.

5. Interpretasi

Perbandingan konsentrasi *kappa* dan *iota* yang berbeda dapat mempengaruhi ketebalan *edible film campuran kappa-iota* karaginan dan kitosan. Perlakuan A7 dengan konsentrasi *kappa* : *iota* : agar yaitu 2 : 1 : 1 (1 *g kappa* : 0,5 *giota* : 0,5 g kitosan) memiliki nilai ketebalan paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

6. Menghitung BNT 5%

$$\text{BNT}_{\alpha} = t_{\alpha} (\text{db galat}) \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT Galat}}{\text{ulangan}}}$$

$$\text{BNT}_{0,05} = t_{0,05 (12)} \times \sqrt{\frac{2 (0,2913)}{3}}$$

$$= 2,179 \times 0,440$$

$$= 0,9587$$

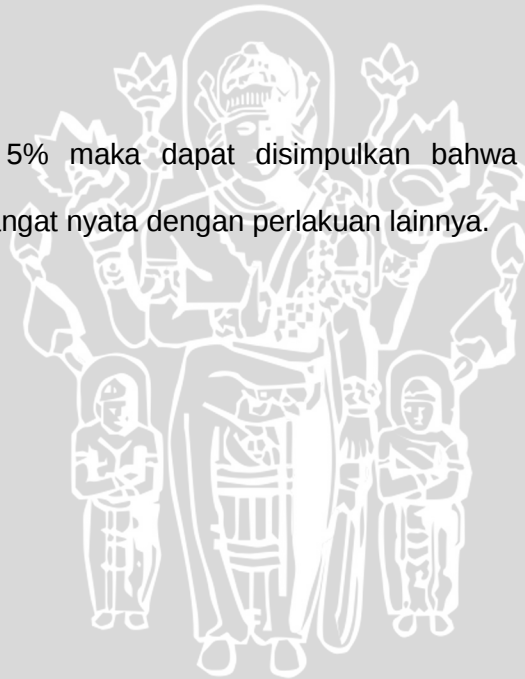
7. Notasi BNT 5%

Tabel 3. Kolom Notasi BNT 5%

Rata - rata Ketebalan	A7 47,600	A4 56,800	A8 71,500	A6 84,300	A5 116,700	A9 131,300	Notasi
A4 47,600	-	-	-	-	-	-	a
A8 56,800	9,200	-	-	-	-	-	b
A7 71,500	23,900	14,700	-	-	-	-	c
A6 84,300	36,700	27,500	12,800	-	-	-	d
A5 116,700	69,100	59,900	45,200	32,400	-	-	e
A9 131,300	83,700	74,500	59,800	47,000	14,600	-	f

8. Kesimpulan

Dengan BNT 5% maka dapat disimpulkan bahwa setiap perlakuan memiliki perbedaan sangat nyata dengan perlakuan lainnya.



Lampiran 12. Analisis kuat tarik *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.

Perlakuan		Ulangan			TOTAL	RERATA
Plasticizer	Volume	1	2	3		
Gliserol (A1)	0,5% (B1)	17,4725	19,5010	15,6040	52,5775	17,53
	1% (B2)	22,9650	18,3895	16,3898	57,7443	19,25
	1,5% (B3)	15,0444	15,3595	15,0729	45,4768	15,16
	2% (B4)	10,7653	9,8753	10,2170	30,8576	10,29
Sorbitol (A2)	0,5% (B1)	26,7340	12,9430	18,2903	57,9673	19,32
	1% (B2)	16,6970	17,0134	16,8377	50,5481	16,85
	1,5% (B3)	14,7840	12,3475	10,8800	38,0115	12,67
	2% (B4)	8,6380	10,4570	12,3408	31,4358	10,48

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: hasil				
konsentrasi	jenis plasticizer	Mean	Std. Deviation	N
0,5%	Gliserol	1,752583E1	1,9490474	3
	Sorbitol	1,932243E1	6,9531931	3
	Total	1,842413E1	4,6718951	6
1%	Gliserol	1,924810E1	3,3706393	3
	Sorbitol	1,684937E1	,1585223	3
	Total	1,804873E1	2,5061349	6
1,5%	Gliserol	1,515893E1	,1742794	3
	Sorbitol	1,267050E1	1,9719409	3
	Total	1,391472E1	1,8507457	6
2%	Gliserol	1,028587E1	,4489788	3
	Sorbitol	1,047860E1	1,8514945	3
	Total	1,038223E1	1,2095410	6
Total	Gliserol	1,555468E1	3,8977303	12
	Sorbitol	1,483022E1	4,8142872	12
	Total	1,519245E1	4,2997236	24

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hasil

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	283,054 ^a	7	40,436	4,551	,006	,666
Intercept	5539,456	1	5539,456	623,457	,000	,975
perlakuan plasticizer	260,238	3	86,746	9,763	,001	,647
perlakuan * plasticizer	3,149	1	3,149	,354	,560	,022
Error	19,668	3	6,556	,738	,545	,122
Total	142,161	16	8,885			
Corrected Total	5964,671	24				
	425,215	23				

a. R Squared = ,666 (Adjusted R Squared = ,519)

Hasil

	konsentrasi	N	Subset	
			1	2
Tukey	2%	6	1,038223E1	
HSD ^a	1,5%	6	1,391472E1	1,391472E1
	1%	6		1,804873E1
	0,5%	6		1,842413E1
	Sig.		,211	,079
Duncan ^a	2%	6	1,038223E1	
	1,5%	6	1,391472E1	
	1%	6		1,804873E1
	0,5%	6		1,842413E1
	Sig.		,057	,830

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 8,885.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran 13. Analisis Perpanjangan *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.

Perlakuan		Ulangan			TOTAL	RERATA
<i>Plasticizer</i>	Volume	1	2	3		
Gliserol (A1)	0,5% (B1)	10,8108	2,7149	4,9107	18,4364	6,15
	1% (B2)	7,6923	6,7567	9,8214	24,2704	8,09
	1,5% (B3)	12,7272	12,2727	12,5847	37,5846	12,53
	2% (B4)	13,8392	12,5000	13,0923	39,4315	13,14
Sorbitol (A2)	0,5% (B1)	5,2304	4,9107	5,3172	15,4583	5,15
	1% (B2)	8,3700	8,6363	8,2638	25,2701	8,42
	1,5% (B3)	8,1818	8,5585	9,8214	26,5617	8,85
	2% (B4)	12,2171	12,9464	15,1079	40,2714	13,42

Descriptive Statistics

Dependent Variable: hasil

jenis plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
gliserol	0,5%	6,145433E0	4,1868519	3
	1%	8,090133E0	1,5706050	3
	1,5%	1,252820E1	,2324581	3
	2%	1,314383E1	,6710856	3
	Total	9,976900E0	3,6349030	12
sorbitol	0,5%	5,152767E0	,2140812	3
	1%	8,423367E0	,1918986	3
	1,5%	8,853900E0	,8587886	3
	2%	1,342380E1	1,5033676	3
	Total	8,963458E0	3,1668702	12
Total	0,5%	5,649100E0	2,7066289	6
	1%	8,256750E0	1,0172332	6
	1,5%	1,069105E1	2,0896808	6
	2%	1,328382E1	1,0524744	6
	Total	9,470179E0	3,3739400	24

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:hasil						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	214,657 ^a	7	30,665	10,403	,000	,820
Intercept	2152,423	1	2152,423	730,216	,000	,979
plasticizer	6,162	1	6,162	2,091	,168	,116
perlakuan	192,644	3	64,215	21,785	,000	,803
plasticizer *	15,851	3	5,284	1,792	,189	,252
perlakuan						
Error	47,162	16	2,948			
Total	2414,243	24				
Corrected Total	261,820	23				

a. R Squared = ,820 (Adjusted R Squared=,741)

		Hasil				
	konsentrasi	N	Subset			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	0,5%	6	5,649117E0			
	1%	6	8,256750E0	8,256750E0		
	1,5%	6		1,069105E1	1,069105E1	
	2%	6			1,328382E1	
	Sig.		,077	,106	,079	
Duncan ^a	0,5%	6	5,649117E0			
	1%	6		8,256750E0		
	1,5%	6			1,069105E1	
	2%	6				1,328382E1
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2,948.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran 14. Analisis Transmisi Uap Air *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.

perlakuan	plasticizer	Volume	Ulangan			TOTAL	RERATA
			1	2	3		
Gliserol (A1)	0,5% (B1)		49,2708	47,5800	58,5833	155,4341	51,81
	1% (B2)		60,1770	49,5625	52,1111	161,8506	53,95
	1,5% (B3)		62,5312	54,8125	45,6442	162,9879	54,33
	2% (B4)		63,2200	71,0700	67,5338	201,8238	67,27
Sorbitol (A2)	0,5% (B1)		41,7900	49,4895	40,4225	131,7020	43,90
	1% (B2)		56,1354	39,4895	43,0724	138,6973	46,23
	1,5% (B3)		47,7500	46,3541	46,8365	140,9406	46,98
	2% (B4)		61,0416	70,0416	68,1875	199,2707	66,42

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: hasil				
jenis plasticizer	konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
gliserol	0,5%	5,181127E1	5,9251144	3
	1%	5,395020E1	5,5410847	3
	1,5%	5,432930E1	8,4538633	3
	2%	6,727460E1	3,9314137	3
	Total	5,684134E1	8,2678985	12
sorbitol	0,5%	4,390067E1	4,8881293	3
	1%	4,623243E1	8,7613272	3
	1,5%	4,698020E1	,7089580	3
	2%	6,642357E1	4,7522201	3
	Total	5,088422E1	10,5694550	12
Total	0,5%	4,785597E1	6,5095002	6
	1%	5,009132E1	7,8009593	6
	1,5%	5,065475E1	6,7075295	6
	2%	6,684908E1	3,9285011	6
	Total	5,386278E1	9,7662035	24

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hasil						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1640.760 ^a	7	234.394	6.782	.001	.748
Intercept	69628,776	1	69628,776	2,015E3	,000	,992
plasticizer	212,924	1	212,924	6,161	,025	,278
perlakuan	1375,448	3	458,483	13,267	,000	,713
plasticizer * perlakuan	52,389	3	17,463	,505	,684	,087
Error	552,951	16	34,559			
Total	71822,486	24				
Corrected Total	2193,711	23				

a. R Squared = ,748 (Adjusted R Squared = ,638)

		hasil		
		konsentrasi	N	Subset
				1 2
Tukey HSD ^a	0,5%	6	4,785597E1	
	1%	6	5,009132E1	
	1,5%	6	5,065475E1	
	2%	6		6,684908E1
	Sig.		,842	1,000
Duncan ^a	0,5%	6	4,785597E1	
	1%	6	5,009132E1	
	1,5%	6	5,065475E1	
	2%	6		6,684908E1
	Sig.		,446	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 34,559.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran 15. Analisis Ketebalan *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.

Perlakuan		Ulangan			TOTAL	RERATA
Plasticizer	Volume	1	2	3		
Gliserol (A1)	0,5% (B1)	71,1333	48,1000	58,0600	177,2933	59,10
	1% (B2)	68,8000	53,5666	55,3666	177,7332	59,24
	1,5% (B3)	71,9333	92,0666	86,3360	250,3359	83,45
	2% (B4)	86,7660	104,3600	90,2674	281,3934	93,80
Sorbitol (A2)	0,5% (B1)	74,9666	85,6000	80,3000	240,8666	80,29
	1% (B2)	76,3000	81,7000	82,3600	240,3600	80,12
	1,5% (B3)	95,1333	111,0000	64,5333	270,6666	90,22
	2% (B4)	102,1666	120,3330	92,7000	315,1996	105,07

Descriptive Statistics

Dependent Variable: hasil

jenis plasticizer	Konsentrasi	Mean	Std. Deviation	N
gliserol	0,5%	5,909777E1	11,5516643	3
	1%	5,924440E1	8,3241888	3
	1,5%	8,344530E1	10,3732614	3
	2%	9,379780E1	9,3131628	3
	Total	7,389632E1	179821347	12
sorbitol	0,5%	8,028887E1	5,3167087	3
	1%	8,012000E1	3,3246353	3
	1,5%	1,002222E2	38,4865136	3
	2%	1,050665E2	14,0428944	3
	Total	9,142440E1	21,2803075	12
Total	0,5%	6,969332E1	14,1209827	6
	1%	6,968220E1	12,7622619	6
	1,5%	9,183375E1	26,8321789	6
	2%	9,943217E1	12,3154561	6
	Total	8,266036E1	21,2456619	24

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hasil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6152,082 ^a	7	878,869	3,325	,022	,593
Intercept	163985,636	1	163985,636	620,333	,000	,975
plasticizer	1843,402	1	1843,402	6,973	,018	,304
perlakuan	4212,129	3	1404,043	5,311	,010	,499
plasticizer *	96,551	3	32,184	,122	,946	,022
perlakuan						
Error	4229,616	16	264,351			
Total	174367,334	24				
Corrected Total	10381,697	23				

a. R Squared = ,593 (Adjusted R Squared=,414)

		Hasil		
	konsentrasi	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^a	1%	6	6,968220E1	
	0,5%	6	6,969332E1	
	1,5%	6	9,183375E1	9,183375E1
	2%	6		9,943217E1
	Sig.		,126	,849
Duncan ^a	1%	6	6,968220E1	
	0,5%	6	6,969332E1	
	1,5%	6		9,183375E1
	2%	6		9,943217E1
	Sig.		,999	,430

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 264,351.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran 16. Analisis ANOVA Kadar Air *Edible Film* Campuran Kappa Iota Karaginan dan Kitosan Pada Penelitian Utama.

perlakuan		Ulangan			TOTAL	RERATA
<i>plasticizer</i>	Volume	1	2	3		
Gliserol (A1)	0,5% (B1)	0,9530	0,975	0,9660	2,8940	0,9647
	1% (B2)	0,9610	0,958	0,9710	2,8900	0,9633
	1,5% (B3)	0,9480	0,975	0,9800	2,9030	0,9677
	2% (B4)	0,9620	0,971	0,9680	2,9010	0,9670
Sorbitol (A2)	0,5% (B1)	0,9250	0,962	0,9470	2,8340	0,9447
	1% (B2)	0,9800	0,930	0,9700	2,8800	0,9600
	1,5% (B3)	0,9610	0,957	0,9800	2,8980	0,9660
	2% (B4)	0,9710	0,953	0,9710	2,8950	0,9650

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: hasil				
konsentrasi	jenis <i>plasticizer</i>	Mean	Std. Deviation	N
0,5%	gliserol	,964667	,0110604	3
	sorbitol	,944667	,0186100	3
	Total	,954667	,0175347	6
1%	gliserol	,963333	,0068069	3
	sorbitol	,960000	,0264575	3
	Total	,961667	,0173743	6
1,5%	gliserol	,967667	,0172143	3
	sorbitol	,966000	,0122882	3
	Total	,966833	,0134077	6
2%	gliserol	,967000	,0045826	3
	sorbitol	,965000	,0103923	3
	Total	,966000	,0072664	6
Total	gliserol	,965667	,0095759	12
	sorbitol	,958917	,0177992	12
	Total	,962292	,0143965	24

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hasil						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	,001 ^a	7	,000	,756	,631	,248
Intercept	22,224	1	22,224	9,925E4	,000	1,000
perlakuan	,001	3	,000	,830	,497	,135
plasticizer	,000	1	,000	1,221	,286	,071
perlakuan * plasticizer	,000	3	,000	,526	,671	,090
Error	,004	16	,000			
Total	22,229	24				
Corrected Total	,005	23				

a. R Squared = ,248 (Adjusted R Squared= -,080)

Hasil			
	konsen trasi	N	Subset 1
Tukey HSD ^a	0,5%	6	,954667
	1%	6	,961667
	2%	6	,966000
	1,5%	6	,966833
	Sig.		,512
Duncan ^a	0,5%	6	,954667
	1%	6	,961667
	2%	6	,966000
	1,5%	6	,966833
	Sig.		,213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error)=,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran 17. Foto Proses Pembuatan Kappa Karaginan



(1) Rumput laut *Eucheuma cottonii*.



(2) Penimbangan *Eucheumacottonii* sebanyak 50 g



(3) *Eucheuma cottonii* di blender



(4) Perendaman $\pm$ 24 jam



(5) Pelarutan KOH 6% sebanyak 60 g



(6) Penambahan KOH 6% pada pasta rumput laut dan dihomogenkan



(8) Pasta Rumput Laut didinginkan



(7) Dipanaskan di *waterbath* dengan suhu 80°C selama 2 jam



(9) Dilakukan pemerasan sampai pH netral



(10) Penetrulan pH dengan pH paper



(12) Pelarutan KCl 1.5%



(11) Penimbangan KCl 1.5% sebanyak 15 g



(13) Perendaman dengan KCl 1.5 % sebanyak 15 g



(14) Dilakukan pemerasan dengan kain blacu



(16) Kappa karaginan



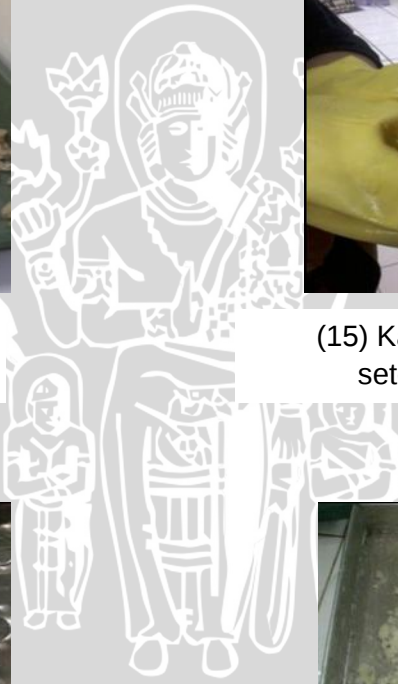
(15) Kappa karaginan setelah diperas



(17) Pengeringan Karaginan



(18) Kappa Karaginan Kering

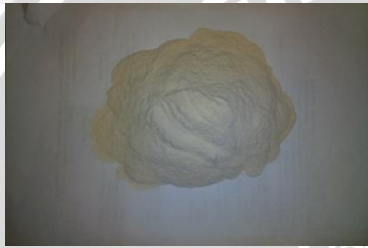




(20) Kappa karaginan diayak dengan ayakan 100 mesh



(19) Kappa karaginan diblender untuk menghasilkan bubuk



(21) Bubuk Kappa Karaginan



Lampiran 18. Foto Proses Pembuatan Iota Karaginan



(1) Rumput laut
Eucheuma spinosum



(2) Penimbangan
sebanyak 50 g



(4) Perendaman rumput
laut *Eucheuma spinosum*



(3) Pencucian rumput laut
Eucheuma spinosum



(5) Penimbangan Ca(OH)_2
6% sebanyak 60 g



(6) Pelarutan Ca(OH)_2



(8) Dipanaskan di *waterbath* dengan suhu 70°C selama 2 jam



(7) Penghomogenan rumput laut dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$



(9). Proses pencucian dan penghilangan $\text{Ca}(\text{OH})_2$



(10) Iota Karaginan



(12) Iota karaginan diayak menggunakan ayakan 100 mesh



(11) Proses penghalusan Iota Karaginan



(13) Bubuk Iota Karaginan

Lampiran 19. Proses Pembuatan Kitosan



(1) Penimbangan kulit udang



(2) Dihaluskan dengan blender



(3) Serbuk kulit udang



(6) Dicuci dan diperas sampai pHnetral



(5) Dihomogenkan dan di panaskan diatas hotplate 85oC



(4) Ditambahkan NaOH 3,5%



(7) Dioven suhu 65°C selama 2 jam



(8) Pencampuran dengan HCl 1N



(9) Dipanaskan diatas hotplate suhu 65°C



(12) Dikeringkan dalam oven suhu 65°C



(11) Dicuci dan diperas sampai pH netral



(10) Dipanaskan diatas hotplate suhu 65°C



(13) Dilarutkan dalam NaOH 50%



(14) Dipanaskan dan dihomogenkan diatas hotplate suhu 90°C



(15) Dicuci dengan air dan diperas



(18) Diayak dengan ayakan 100 mesh



(17) Dihaluskan dengan blender



(16) Dikeringkan dengan oven suhu 65°C selama



(19) Serbuk kitosan



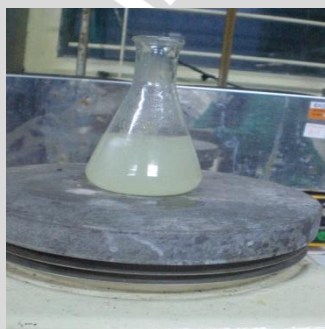
Lampiran 20. Foto Pembuatan Edible Film



(1) kitosan



(2) Penuangan kitosan ke dalam erlenmeyer



(4) Dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* dan di panaskan diatas *hotplate* dengan suhu 85°C



(3) Penuangan asam asetat glasial 1%



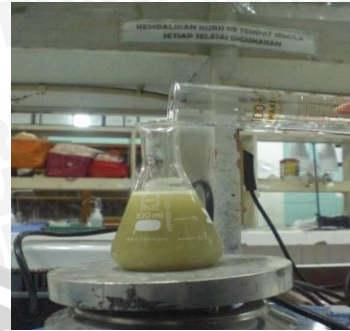
(5) Penyaringan larutan kitosan



(6) Pencampuran larutan kitosan dengan kappa dan iota karaginan



(8) Pemberian *plasticizer* sorbitol/glisserol



(7) Dilakukan pemanasan dan penghomogenan diatas *hotplate* suhu 85°C



(9) Penuangan larutan *edible film*



(10) Pengeringan *Edible Film* dengan suhu 60°C



(11) Lembaran *edible film*

Lampiran 21. Dokumentasi Uji Transmisi Uap air



(1) Edible film



(2) Sampel di potong dengan ukuran 2x2 cm dan dimasukkan



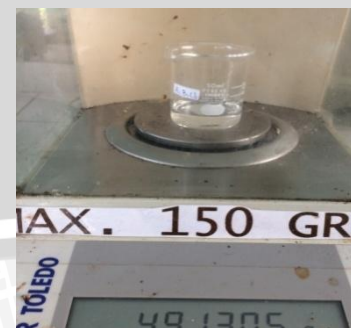
(4) Penimbangan sampel



(3) Ditambahkan aquades sebanyak 15 ml

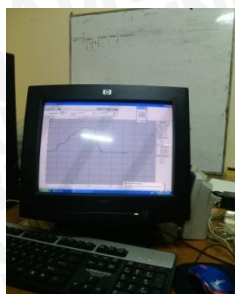


(5) Sampel dimasukkan kedalam desikator



(6) Penimbangan sampel setelah 24 jam

Lampiran 22. Dokumentasi Uji Elongasi, Ketebalan dan kuat tarik



Alat yang digunakan uji karakteristik fisik (*Elongasi*, ketebalan dan kuat tarik)



(1) Sampel yang sudah dipotong



(2) Pengujian kuat tarik dan elongasi



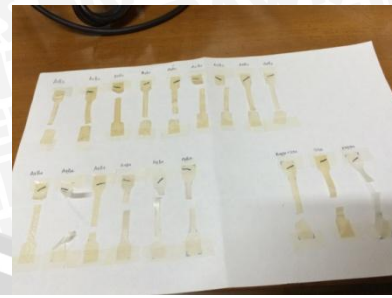
(3) Alat uji ketebalan



(4) Sampel diukur hingga putus



(11) Uji ketebalan



(12) Potongan sampel yang sudah diuji karakteristik fisik



Lampiran 23. Dokumentasi Hasil lembaran *Edible Film* dengan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* yang Berbeda pada Penelitian Utama



gliserol 0,5 %



gliserol 1 %



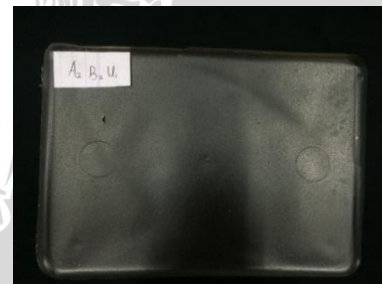
gliserol 1,5 %



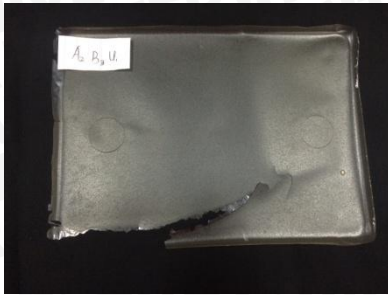
gliserol 2 %



Sorbitol 0,5 %



Sorbitol 1 %



Sorbitol 1,5 %



sorbitol 2 %

