

OPTIMASI SIFAT FISIK *EDIBLE FILM* BERBASIS KARAGENAN MURNI DENGAN METODE PERMUKAAN RESPON (*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*)

Nurul Lia Febriati

Email: nurulfabriati@gmail.com

Jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian Universitas Lampung

Sutikno

Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Dewi Sartika

Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Tanto P Utomo

Fakultas Pertanian Universitas Lampung

ABSTRACT

Edible film - a thin sheet with characteristics of flexible, transparent, and biodegradable, and can protect food products – can be made from carrageenan that is hydrocolloid extracted from seaweed. Characteristics of edible produced were affected by carrageenan concentrations, glycerol concentrations, and heating temperatures. The objective of this research was to optimize pure carrageenan concentrations, glycerol concentrations, and heating temperatures in producing edible films with the best physical properties. Research design used in this research was a Central Composite Design (CCD) of the surface response methodology (RSM) with 3 independent variables, namely pure carrageenan concentration (0.5%, 1% and 1.5%), glycerol concentration (0.5%, 1% and 1.5%), and heating temperature (70°C, 80°C, and 90°C). The edible film produced was measured for its thickness, tensile strength and elongation. Its thickness, tensile strength and elongation data were analyzed using Minitab 18 application for determining the optimum condition (pure carrageenan concentration, glycerol concentration, and heating temperature) of edible film production. The optimum condition occurred at carrageenan concentration of 1.8%, glycerol concentration of 0.2%, and heating temperature of 83°C, and, yielded edible film with a maximum tensile strength of 78.84 Mpa, an elongation of 32.95%, and thickness of 85 µm, as well as a very good, evenly distributed, and without crack morphology based on data of *Scanning Electron Microscopy* (SEM) observations.

Keywords: *Edible film, pure carrageenan, glycerol, Response Surface Methodology/RSM, Scanning Electron Microscopy/SEM*

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen rumput laut nomor satu di dunia karena, memenuhi permintaan dunia lebih dari 50%. Simanjatak (2016) Indonesia merupakan penghasil rumput laut terbesar didunia yang memasok 237.800 ton atau 56% dari total kebutuhan 424.000 ton. Selain itu, dinyatakan juga bahwa produksi yang dihasilkan sekitar 152.900 ton atau 64,3% diekspor dalam bentuk kering dan 89.000 ton atau 35,7% diolah industri domestik. Hal tersebut menerangkan bahwa total rumput laut didunia ada di Indonesia, namun kurangnya pembinaan, sosialisasi dan fasilitas pendukung, serta dana di masyarakat dalam mengembangkan teknologi pengolahan rumput laut mengakibatkan kecilnya keinginan untuk melakukan pengolahan lanjutan.

Masyarakat lebih memilih menjual rumput laut tanpa proses pengolahan, kondisi ini dimanfaatkan oleh sebagian pengusaha untuk menjadi pengumpul dan mengekspor. Dahuri (2011) menyampaikan bentuk rumput laut yang umumnya diperdagangkan, antara lain (1) rumput laut kering, (2) produk yang dapat langsung dikonsumsi, dan (3) produk hidrokoloid (karagenan, agar-agar, dan alginat). Rumput laut dapat diolah menjadi bahan makanan seperti agar-agar, sayuran, kue. dan menghasilkan bahan algin, karagenan dan *fulcelaran* yang digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, dan tekstil (Salim *et al.*, 2015).

Salah satu hasil olahan rumput laut yaitu karagenan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Warsiki *et al.* (2013); Setha *et al.* (2016), menyatakan bahwa karagenan adalah hidrokoloid yang potensial untuk dibuat bahan pengemas (*edible film*) karena sifatnya yang dapat membentuk gel, stabil, serta dapat dimakan. Saat ini, teknologi pengelolaan rumput laut di Indonesia masih kurang sehingga nilai jual produk masih rendah dibandingkan dengan Cina yang telah melakukan pengolahan rumput laut 70-80%. Peningkatan nilai jual tersebut mendorong dilakukannya penelitian terkait beberapa produk olahan rumput laut menjadi bahan jadi seperti karagenan.

Karagenan dapat digunakan sebagai bahan baku *edible film* yang merupakan kemasan ramah lingkungan, sehingga dapat memiliki nilai jual yang tinggi. Hal tersebut dapat meningkatkan perekonomian Indonesia dalam bidang perikanan sehingga pendapatan masyarakat bertambah. Penggunaan kemasan dengan bahan baku *edible film* juga dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan terhadap kemasan plastik yang selama ini menjadi masalah lingkungan karena tidak dapat terurai. Sifat ramah lingkungan tersebut dapat menjadi dasar beralihnya kemasan plastik menuju ke kemasan *edible film*.

Kelebihan *edible film* dari bahan karagenan adalah ramah lingkungan, *biodegradable*, tidak bahaya saat bersentuhan dengan produk dan dapat dimakan. Hal tersebut diperjelas oleh Meenakshi *et al.* (2016) menyatakan bahwa kemasan *edible film* memiliki karakteristik *biodegradable* dan ramah lingkungan, memberikan penghalang semi permeable terhadap uap air, oksigen dan karbondioksida, lapisan yang dapat dimakan, tidak beracun dan tidak menimbulkan bahaya bagi kesehatan. Hal tersebut berbanding terbalik dengan Jenis bahan kemasan plastik memiliki adalah bentuk fleksibel, transparan, mudah pecah, *non biodegradable*, ada yang tahan panas monomernya dapat mengkontaminasi produk. Julianti dan Nurminah (2006); dan Anonim (2007), menyatakan bahwa plastik merupakan kemasan sekali pakai dan tidak dapat terurai oleh mikroba sehingga dapat mencemari lingkungan karena membutuhkan waktu hingga ratusan tahun.

Komposisi *edible film* disusun dari gabungan komponen lipid dan komponen hidrokoloid. Komponen hidrokoloid tersebut dapat diperoleh dari ekstraksi rumput laut (*Eucheumma cottonii*) yaitu karagenan. Secara umum *edible film* dari bahan yang hidrokoloid mempunyai sifat mekanis baik akan tetapi kurang efisien dalam menahan uap air karena sifatnya yang hidrofil dan mudah rapuh. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan memberikan bahan tambahan seperti plasticizer. Salah satu jenis plasticizer yang dapat digunakan adalah gliserol. Mulyadi *et al.*, (2015) menyatakan gliserol merupakan zat aditif untuk meningkatkan fleksibilitas film dan merupakan senyawa hasil hidrolisis dari minyak yang memiliki kadar air yang tinggi. Menurut David dan George (1999); Bourtoom (2007); Hidayati *et al.* (2015); Sitompul *et al.* (2017) Plasticizer (gliserol) meningkatkan fleksibilitas, mengurangi kekakuan, sehingga semakin banyak konsentrasi gliserol yang dihasilkan maka, *edible film* akan semakin elastis dan lentur.

Proses produksi *edible film* dilakukan dengan melarutkan ekstrak karagenan kedalam aquades kemudian dipanaskan pada suhu 80-90°C selama 30 menit, serta melakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* atau spatula. Proses tersebut dilanjutkan dengan penyaringan, penambahan gliserol dan pemanasan kembali agar homogen pada suhu 80°C selama 5 menit. Mulyadi *et al.* (2015) Proses pembuatan *edible film* diawali dengan melakukan gelatinisasi pada suhu 80-90°C selama 22 menit, larutan edible didinginkan hingga suhu 45°C kemudian ditambahkan gliserol dan ekstrak daun beluntas diaduk hingga homogen lalu dituang ke cetakan dan dikeringkan. Supeni *et al.* (2015), menyampaikan bahwa pembuatan *edible film* dilakukan dengan cara melarutkan karagenan dalam aquades kemudian dipanaskan dan diaduk di atas *hot plate stirrer* pada suhu 90-100°C (tanpa mempertimbangkan waktu pemanasan) lalu ditambahkan gliserol sambil diaduk hingga tergelatinisasi dan homogen. Penelitian Fardhyanti *et al.* (2015) *edible film* dibuat dengan melarutkan karagenan dengan aquades kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 60°C diatas *hot plate*.

Optimasi proses produksi *edible film* untuk menghasilkan kualitas fisik yang optimal masih belum dilakukan. Metode yang banyak dilakukan adalah rancangan acak kelompok. Metode tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang lebih banyak. Hidayati *et al.*(2015); Harumarani *et al.*(2016); Rusli *et al.* (2017), menggunakan metode rancangan acak lengkap dengan datu atau dua factor yang menjadi ulangan dalam penelitian tentang *edible film* atau *biodegradable film*. Metode respon permukaan (RSM) dapat menggunakan 3 faktor tanpa harus melakukan jumlah ulangan yang terlalu banyak agar efisiensi biaya dan waktu. Menurut Oramahi (2009), metode respon permukaan (*Response Surface Methodology*) bisa digunakan untuk penelitian dengan jumlah faktor yang banyak dengan 3 dan 5 level/aras perlakuan. Hal serupa dinyatakan oleh Isnaini *et al.* (2012), bahwa penggunaan metode permukaan respon dapat meminimalkan jumlah ulangan dalam rancangan percobaan dan memperlihatkan optimasi respon antar variabel.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan konsentrasi karagenan murni, konsentrasi gliserol dan suhu pemanasan yang menghasilkan *edible film* dengan sifat fisik optimum berdasarkan metode permukaan respon (RSM).

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berasal dari pembelian secara online di aplikasi shoope sedangkan peralatan dipersiapkan dari Laboratorium Politeknik Negeri Lampung dan Laboratorium Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik di Jogjakarta, berikut ini daftar alat-alat yang digunakan, antara lain Peralatan yang digunakan untuk membuat lembaran *edible film* di Laboratorium Politeknik Negeri Lampung, antara lain (1) Timbangan digital merk ALJ 220-4 dengan kapasitas maksimum 220

gram, yang digunakan untuk memastikan jumlah konsentrasi karagenan yang digunakan, (2) Gelas ukur 500 ml dan 1000 ml merk IWAKI, digunakan sebagai wadah saat pengenceran dan pemanasan, (3) Spatula digunakan sebagai alat pengaduk larutan *edible film* saat pengenceran dilakukan, (4) *Magnetik stirer* digunakan sebagai alat pengaduk larutan *edible film* saat dilakukan pemanasan, (5) *Hot plate* merk VELP AREC *Heating Magnetic Stirer* digunakan untuk memanaskan larutan karagenan setelah pengenceran dilakukan, (6) Saringan dengan diameter 15 cm, yang digunakan untuk menyaring karagenan setelah mencapai suhu tertentu sesuai dengan rancangan, (7) Plat kaca ukuran 20 x 20 cm digunakan sebagai alat pencetak larutan karagenan, (8) Oven digunakan sebagai alat pengering larutan karagenan agar membentuk lembaran *edible film*, (9) Pipet tetes digunakan sebagai alat pengukur larutan gliserol yang akan dicampurkan. Peralatan yang digunakan untuk menganalisa kualitas fisik *edible film* di Laboratorium Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik di Jogjakarta, antara lain (1) Alat uji kuat tarik (*Tensile Strain Tester*) merk Zwick Roell digunakan untuk melihat nilai kuat tarik pada lembaran *edible film*, (2) Alat Uji *Water Vapor Transmission Rate Tester* (WVTR) digunakan untuk melihat nilai laju transmisi uap air yang terdapat pada lembaran *edible film*, (3) Jangka Sorong merk Absolute AOS DIGIMATIC digunakan untuk melihat lebar sampel saat melakukan preparasi uji kuat tarik serta, (4) Alat ukur ketebalan (*Thickness Gauge*) merk Mitutoyo Japan Model PVS698 2109S-10 Full Jeweled dengan ketelitian 1µm digunakan untuk melihat lebar lembaran *edible film* pada masing-masing titik selama preparasi sampel. Peralatan yang digunakan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung untuk analisa morfologi adalah SEM (*Scanning Elektron Microscope*) merk ZEISS Serial Nomer EVO10-14-37 digunakan untuk melihat permukaan struktur molekul

B. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*). Bahan yang digunakan adalah karagenan dengan konsentrasi 0.5%, 1%, 1.5%, (b/v) dan gliserol dengan konsentrasi 0.5%, 1%, 1.5% (b/v) serta suhu pemanasan 70°C, 80°C, 90°C. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*) dengan rancangan design *Central Composite Design*. Percobaan ini menggunakan 3 variabel independen atau variabel bebas berupa konsentrasi gliserol, konsentrasi karagenan dan suhu pemanasan sehingga nilai rotabilitasnya $(\alpha) = (3^2)^{1/4} = 1,68179 \approx 1,682$. Oleh karena itu, nilai $\pm 1,682$ termasuk nilai yang digunakan untuk pengkodean pada saat proses analisis data. Selanjutnya, *Central Composite Design* dengan 3 variabel bebas berupa konsentrasi gliserol, konsentrasi karagenan dan suhu pemanasan menghasilkan *response surface* nilai kuat tarik, perpanjangan putus, dan ketebalan. *Response surface* menunjukkan jumlah rancangan percobaan 2^3 faktorial, 6 *center point*, dan 6 *axial point*.

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini ada 3, yaitu konsentrasi karagenan, gliserol dan suhu pemanasan dengan besaran yang tertera pada table 3. Hasil variabel respon berupa kuat tarik, perpanjangan putus dan ketebalan selanjutnya dianalisis sidik ragamnya menggunakan program Minitab 18. Hasil analisis ragam digunakan untuk menguji kecocokan dan kecukupan model.

Pembuatan *Edible Film*

Karagenan murni dari rumput laut ditimbang sesuai dengan konsentrasi yang terdapat dalam rancangan percobaan. Karagenan dilarutkan dalam aquades dengan menuangkan sedikit demi sedikit sambil melakukan pengadukan (pemanasan aquades terlebih dahulu sebelum melarutkan karagenan dapat mempercepat pelarutan karagenan dan mengurangi adanya gumpalan). Setelah karagenan larut lakukan pemanasan selama 30 menit suhu tercapai (sesuai rancangan percobaan), masukan *magnetik stirer* agar larutan dapat larut secara sempurna selama proses pemanasan berlangsung (cek suhu dengan thermometer agar suhu pemanasan dapat terkontrol dengan baik).

Saring larutan karagenan dan masukan gliserol serta lakukan pengadukan secara perlahan.

Panaskan kembali larutan karagenan yang telah diberikan gliserol selama 5 menit dengan suhu pemanasan 80 °C, kemudian lakukan pencetakan dalam plat kaca dengan ukuran 20 x 20 cm (pastikan plat kaca yang sudah diberikan larutan karagenan tidak bergeser). Dinginkan larutan karagenan yang ada dalam plat kaca selama 30 menit atau sampai membentuk *edible film*. Setelah larutan dalam plat kaca tidak bergerak atau membeku, keringkan larutan dengan oven pada suhu 55°C selama 24 jam. Setelah 24 jam lakukan pendinginan dan lepaskan *edible film* dari plat kaca seraca perlahan. Letakan lembaran *edible film* pada kertas agar tidak terlipat dan tetap terjaga. Kemudian lakukan pengamatan dan pengukuran kondisi lembaran *edible film*.

Pengukuran sifat fisik *edible film*

Pengukuran kuat tarik dan perpanjangan putus

Kuat tarik *edible film* diukur dengan menggunakan alat ukur kuat tarik (*Tensile Strain Tester*) merk Zwick Roell. ASTM D882 adalah standar metode yang digunakan untuk melakukan persiapan sampel dan pengukuran kuat tarik. Tahapan persiapan sampel, antara lain : pemotongan lembaran *edible film* menjadi beberapa bagian berbentuk I dengan lebar 3 cm dan panjang sesuai panjang lembaran. Tahapan Pengukuran sampel, antara lain : Pastikan panel elektrik ukur kuat tarik dan computer dalam keadaan on kemudian, buka program testxpert dan pilih program ASTM D882 serta pastikan jarak penjepit/penumpu agar sesuai program. Masukan data rata-rata lebar dan tebal sampel lalu tekan force zero. Mulai pengukuran dengan menekan tombol star dan save untuk menyimpan data. Berdasarkan ASTM D882 tersebut Akan diperoleh hasil pengukuran nilai kuat tarik dan perpanjangan putus.

Pengukuran ketebalan

Pengukuran ketebalan dilakukan untuk mengetahui nilai ketebalan masing-masing *edible film* yang menggunakan konsentrasi yang berbeda sehingga dapat diliat pengaruh masing-masing variable independen terhadap ketebalan yang dihasilkan. Pengukuran menggunakan alat *Thickness Gauge*. Ketebalan *edible film* diukur dengan *Thickness Gauge* (model PVS698, Mitutoyo Japan) dengan ketelitian 1 µm. Pengukuran ketebalan ini dilakukan sebanyak 3 titik pada bagian lembaran *edible film* yang telah dipotong sebelum dilakukan pengukuran kuat tarik. Kemudian diambil rata-rata dari nilai pengukuran tersebut dari beberapa lembaran yang telah dipotong.

Pengukuran laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air diukur dengan menggunakan ditentukan secara gravimetrik modifikasi dari metode Sukkunta (2005). Sebuah gelas yang berisi 3 g silika gel ditutup dengan *film* uji. Selanjutnya gelas tersebut ditimbang dan diletakkan dalam desikator terkontrol. Temperatur dan kelembaban relatif dalam ruang desikator secara periodik diperhatikan. Pertambahan berat yang diperoleh oleh gelas diukur setiap interval 1 jam selama 9 jam untuk menentukan tingkat perpindahan uap air. Nilai laju transmisi uap air dinyatakan dalam g/mm²/jam. Dihitung berdasarkan pada kelembaban relatif dan temperatur di dalam dan di luar.

Analisis Morfologi *Edible Film*

Analisis morfologi terhadap lembaran *edible film* dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) ZEISS EVO MA10-14-37. Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu jenis mikroskop elektron yang menciptakan berbagai Gambaran dengan memusatkan suatu berkas cahaya energi elektron tinggi ke permukaan suatu sampel dan sinyal pendeteksian dari interaksi elektron dengan permukaan sampel. Jenis sinyal terkumpul dalam suatu SEM bervariasi dan dapat meliputi elektron sekunder, karakteristik sinar-rontgen, dan

hamburan balik electron. Pada penggunaan mikroskop elektron merupakan berkas cahaya elektron yang dipusatkan untuk memperoleh perbesaran jauh lebih tinggi dibanding suatu mikroskop cahaya konvensional (Setyadhani, 2012).

Preparasi sampel lembaran *edible film* diawali dengan memotong lembaran dengan lebar 1 x 1 cm dan ditempelkan pada *set holder*, kemudian dilapisi dengan logam emas dalam keadaan vakum. Sampel dimasukkan pada tempat di dalam SEM, kemudian Gambar topografi diamati dan dilakukan perbesaran 1000 kali, 5000 kali, 10.000 kali dan 20.000 kali. SEM berfungsi menentukan bentuk (morfologi) serta perubahan struktur dari suatu bahan misalnya patahan, lekukan. Karakteristik mikrostruktur *edible film* dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan elemen yang penting untuk mengetahui sifat *edible film* (Fatma *et al.*, 2016).

Pengamatan visual

Pengamatan visual dilakukan dengan mendefinikan kondisi lembaran *edible film* yang dihasilkan dari penelitian seperti kondisi permukaan, keutuhan dan warna serta, penampakan permukaan lembaran. Kondisi lembaran *edible film* tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi dan jenis bahan dasar serta, suhu pemanasan yang digunakan pada pembuatan *edible film*. Handito., 2011; Amaliya, *et al.*, 2014; Huri dan Nisa., 2014; Rusli, *et al.*, 2017; menjelaskan bahwa ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi bahan dasar yang mempengaruhi peningkatan jumlah padatan.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan metode repon permukaan (RSM) dengan rancangan desain *Central Composite Design* (CCD).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

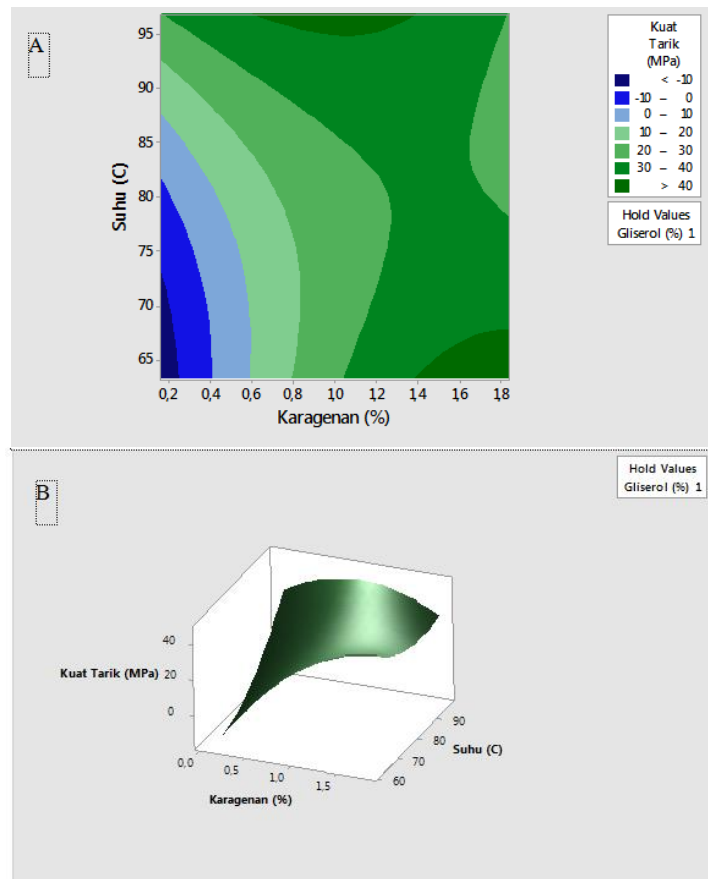
Uji kuat tarik diukur dengan menggunakan alat uji kuat tarik (*Tensile Strain Tester*), tujuan pengukuran kuat tarik adalah untuk mengetahui sifat mekanik lembaran *edible film* yang dihasilkan dalam penelitian. Sifat mekanik tersebut menjadi faktor untuk menentukan klasifikasi pemanfaatan *edible film* sebagai pelindung produk. Berdasarkan analisa uji kuat tarik yang dilakukan dalam penelitian, dilakukan uji analisis ragam. Hasil analisis ragam untuk respon kuat tarik *edible film* menunjukkan nilai p_{value} Model = 0,000 ($\leq 5\%$), linier = 0,000 ($\leq 5\%$) dan square = 0,005 ($\leq 5\%$) serta nilai interaksi = 0,027 ($\leq 5\%$), nilai-nilai tersebut lebih kecil dari level signifikansi atau lebih kecil dari 5%. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat diketahui bahwa variabel independen berpengaruh terhadap kuat tarik. Berdasarkan variabel dependen p_{value} memiliki pengaruh nyata ($\leq 5\%$) kecuali konsentrasi gliserol pada model square yaitu = 0,555 ($\geq 5\%$) serta, suhu dan karagenan dengan nilai $p_{\text{value}} = 0,007$ ($\leq 5\%$) pada interaksi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap kuat tarik menunjukkan Uji Kecukupan model (*lack of fit*). Pvalue hasil uji *lack of fit* = 0,580 ($\geq 5\%$) hal tersebut dapat diartikan bahwa model yang terdapat dalam analisis sidik ragam signifikan atau model yang dibuat dapat mewakili data uji kuat tarik pada *edible film*. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon dengan model (Keshani *et al.* 2010). Analisa permukaan dan plot contour dari data kuat tarik berdasarkan konsentrasi karagenan dengan suhu dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan karagenan dapat meningkatkan kuat tarik *edible film* dari karagenan murni berbasis rumput laut. Konsentrasi karagenan 0,2% dan 1,8% menunjukkan

bahwa karagenan dengan konsentrasi 1,8% memiliki kuat tarik lebih baik dari konsentrasi 0,2 dengan suhu pemanasan di bawah 70 °C. Namun, konsentrasi 1,8% bukan nilai terbaik sebab nilai terbaik terdapa konsentrasi karagenan sebesar 1% yaitu 45,587 Mpa dengan suhu pemanasan diatas 97 °C. Kuat tarik *edible film* yang dihasilkan dari karagenan memiliki kecenderungan untuk naik kemudian turun (Supeni, 2012). Selain itu, Rusli (2017); Ariska dan suyatno (2015); menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi karagenan dalam pembuatan *edible film* akan membentuk matriks film yang semakin kuat. Hal tersebut karena beban yang dibutuhkan untuk memutuskan *edible film* juga semakin besar.

Suhu pemanasan yang tinggi juga mempengaruhi nilai kuat tarik, sebab pemanasan yang terlalu tinggi pada karagenan berakibat berkurangnya volume air sehingga kosentrasi karagenan meningkat hal tersebut berakibat kokohnya ikatan antar polimer. Funami *et al.* (2004), bahwa berkurangnya volume air bebas akan menyebabkan peningkatan konsentrasi dari hidrokoloid, karena air bebas yang terdapat dalam suspensi (sistem pati-hidrokoloid) banyak terserap dalam granula pati. Peningkatan konsentrasi hidrokoloid berakibat pada meningkatnya kuat tarik pada *edible film*. Konsentrasi karagenan dalam larutan pembuatan edible film menyebabkan ikatan antar molekul penyusun *edible film* meningkat dan semakin kompak, sehingga meningkatkan kuat tarik (Rusli *et al.*, 2017).



Gambar 1. Kontur permukaan respon kuat tarik *edible film* (A) dan (B) pada proses pembuatan *edible film* dari karagenan murni.

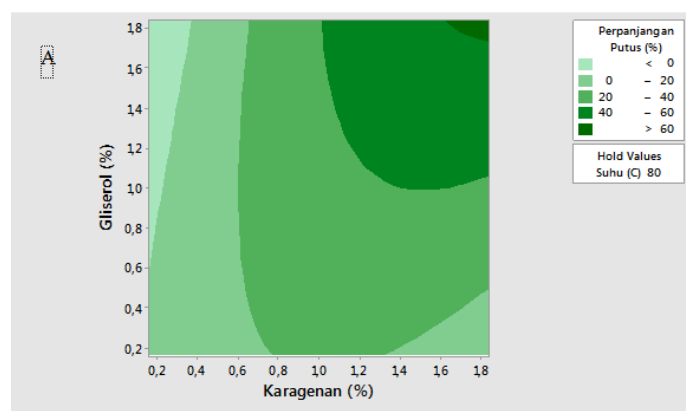
Karakteristik *edible film* yang memiliki kuat tarik yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas yang membutuhkan perlindungan yang lebih kuat. Menurut Diova *et al.* (2013),

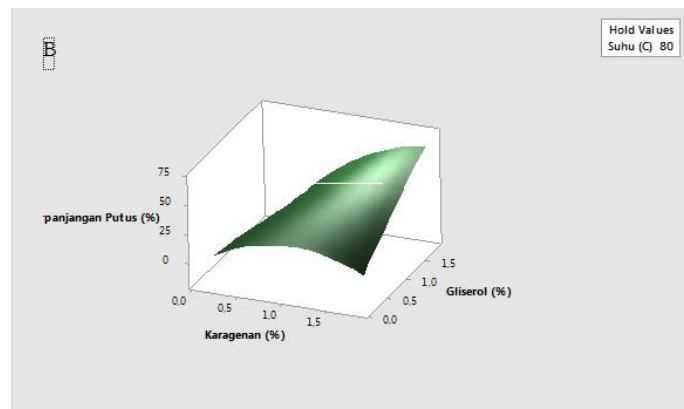
pemilihan *edible film* sebagai bahan pengemas tergantung dari penggunaannya dengan memperhatikan nilai kuat tarik dari *edible film*. *Edible film* yang mempunyai kuat tarik yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan kemasan untuk produk-produk yang perlu perlindungan tinggi seperti kemasan tinta, sedangkan *edible film* yang mempunyai nilai kuat tarik yang rendah dapat dimanfaatkan sebagai bahan kemasan untuk produk-produk ringan seperti permen, bumbu mie, makanan ringan, dan produk pangan yang lainnya (Katili *et al.*, 2013).

Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus diukur dengan menggunakan alat uji kuat tarik (*Tensile Strain Tester*), tujuan pengukuran perpanjangan putus adalah untuk mengetahui persentase pertambahan panjang film pada saat ditarik sampai sobek atau putus. Hasil analisis ragam untuk respon perpanjangan putus *edible film* menunjukkan nilai p_{value} Model = 0,011 ($\leq 5\%$) dan linier = 0,003 ($\leq 5\%$) nilai-nilai tersebut lebih kecil dari level signifikansi atau lebih kecil dari 5%. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat diketahui bahwa variabel independen berpengaruh terhadap perpanjangan putus. Sedangkan berdasarkan variabel independen p_{value} yang memiliki pengaruh nyata ($\leq 5\%$) adalah karagenan dengan model linier dan square dengan dengan nilai p_{value} sebesar 0,001 dan 0,035. Serta, karagenan dan gliserol dengan nilai $p_{\text{value}} = 0,065$ ($\leq 5\%$) pada model interaksi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap perpanjangan putus menunjukkan Uji Kecukupan model (*lack of fit*). Berdasarkan nilai yang ditunjukkan dalam (table 6) P_{value} hasil uji *lack of fit* = 0,130 ($\leq 1\%$) hal tersebut dapat diartikan bahwa model yang terdapat dalam analisis sidik ragam signifikan atau model yang dibuat dapat mewakili data perpanjangan putus pada *edible film*. Analisa permukaan dan plot contour dari data kperpanjangan putus berdasarkan konsentrasi karagenan dan gliserol dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Kontur permukaan respon perpanjangan putus *edible film* A dan B pada proses pembuatan *edible film* dari karagenan murni.

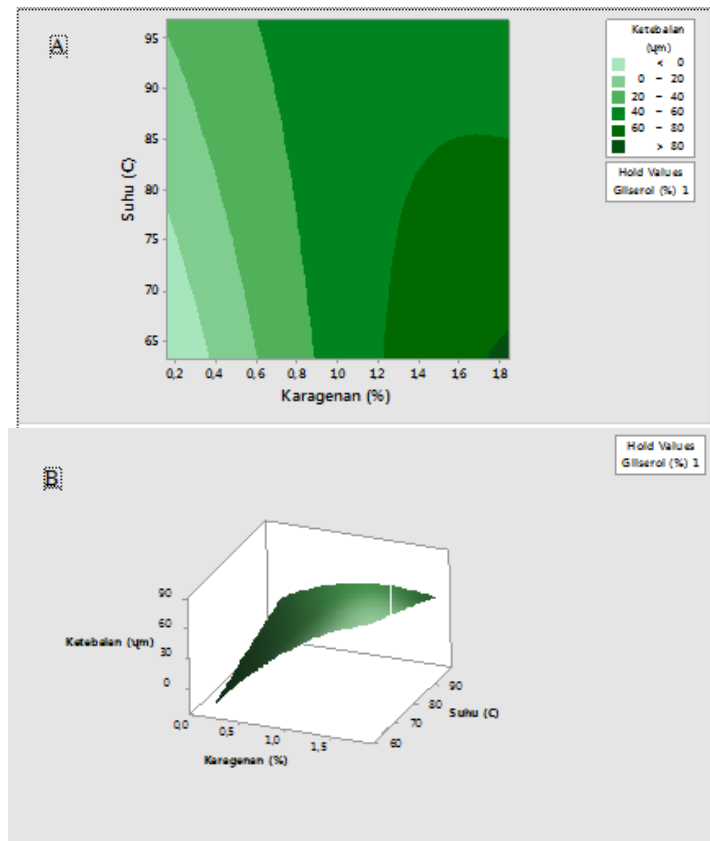
Kontur tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi karagenan dan gliserol dapat meningkatkan perpanjangan *edible film* dari karagenan murni berbasis rumput laut. Karagenan dengan konsentrasi 1,8% memiliki perpanjangan putus lebih baik dari konsentrasi 0,2 sebesar 47,860%. Namun, konsentrasi 1,8% bukan nilai terbaik sebab nilai terbaik terdapat pada konsentrasi karagenan sebesar 1.5% yaitu 50,833%. Tingginya konsentrasi karagenan juga mempengaruhi nilai perpanjangan putus. Hal tersebut juga dinyatakan Waryat (2004); Handito (2011); bahwa semakin tinggi konsentrasi karagenan, maka kekuatan renggang putus *edible film* karagenan semakin tinggi. Tingginya konsentrasi gliserol akan mengganggu ikatan antar molekul sehingga interaksinya menurun. Harumarani *et al.* (2016); Huri dan Nisa. (2014); menyatakan bahwa penambahan konsentrasi gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas atau elastisitas pada *edible film* sebab turunnya ikatan rantai polimer. Penambahan plasticizer menyebabkan peningkatan pemanjangan putus (*persen elongasi*) (Hasnelly, *et al.*, 2015; Setiani, *et al.*, 2012; Wirawan, *et al.*, 2012; Sanjaya dan Puspita., 2011; Cervera, *et al.*, 2004).

Ketebalan

Ketebalan diukur dengan menggunakan alat *Thickness Gauge*, tujuan pengukuran ketebalan untuk mengetahui ketebalan setiap titik lembaran *edible film*. Pengukuran ketebalan dilakukan 5 sampai 9 pada titik lembaran *edible film* agar hasil yang diperoleh mewakili ketebalan seluruh lembaran. Ketebalan mempengaruhi kualitas lembaran *edible film* yang dihasilkan, semakin tebal lembaran *edible film* maka kemungkinan semakin kuat daya hambatnya dalam melindungi kualitas produk, sehingga dapat bertahan lebih lama. Berdasarkan hasil pengukuran ketebalan tersebut dilakukan analisis ragam untuk respon ketebalan *edible film* menunjukkan nilai $p_{\text{value Model}} = 0,004 (\leq 5\%)$ dan $\text{linier} = 0,000 (\leq 5\%)$, nilai-nilai tersebut lebih kecil dari level signifikansi atau lebih kecil dari 5%. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat diketahui bahwa variabel independen berpengaruh terhadap kuat tarik, pengaruh nyata tersebut dapat dilihat pada nilai p_{value} pada karagenan dalam model linear sebesar $= 0,000 (\leq 5\%)$.

Hasil analisis sidik ragam terhadap ketebalan menunjukkan Uji Kecukupan model (*lack of fit*). Berdasarkan nilai yang ditunjukkan dalam (table 7) Pvalue hasil uji *lack of fit* = 0,290 ($\geq 5\%$) hal tersebut dapat diartikan bahwa model yang terdapat dalam analisis sidik ragam signifikan atau model yang dibuat dapat mewakili data ketebalan pada *edible film*. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon

dengan model (Keshani *et al.* 2010). Analisa permukaan dan plot kontur dari data ketebalan berdasarkan konsentrasi karagenan dan suhu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontur permukaan respon ketebalan *edible film* (A) dan (B) pada proses pembuatan *edible film* dari karagenan murni.

Kontur Gambar 3 menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi karagenan dengan suhu pemanasan dan konsentrasi gliserol akan menghasilkan ketebalan yang berbeda. Konsentrasi karagenan dengan konsentrasi 1,8% memiliki ketebalan lebih baik dari konsentrasi 0,2% yaitu sebesar 76 μm . Konsentrasi 1,8% memiliki nilai ketebalan terbaik. Ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh bahan dasar penyusunnya. Handito (2011); Amaliya *et al.* (2014); Huri dan Nisa (2014), menjelaskan bahwa ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi bahan dasar yang mempengaruhi peningkatan jumlah padatan. Banyaknya konsentrasi karagenan yang digunakan dalam pembuatan *edible film* juga akan mempengaruhi jumlah volume air yang digunakan pada saat pengenceran. Hal tersebut diperjelas oleh pendapat Corniwati *et al.* (2014), bahwa kandungan volume air dalam *edible film* akan mempengaruhi ketebalan film, dimana semakin besar volume air dalam bahan akan meningkatkan ketebalan *edible film* dengan luas permukaan yang sama. Ketebalan film dipengaruhi oleh banyaknya total padatan atau matrik penyusun *edible film* dalam larutan (Supeni, 2012; Diova, *et al.*, 2013; S Basuki, *et al.*, 2014; dan Rusli, *et al.*, 2017).

Suhu pemanasan pada konsentrasi karagenan yang tinggi mengakibatkan berkurangnya volume air sehingga menurunkan ketebalan *edible film*. Supeni (2012); dan Coniwati *et al.* (2014); menunjukkan bahwa kandungan volume air dalam *edible film* berpengaruh terhadap ketebalan.

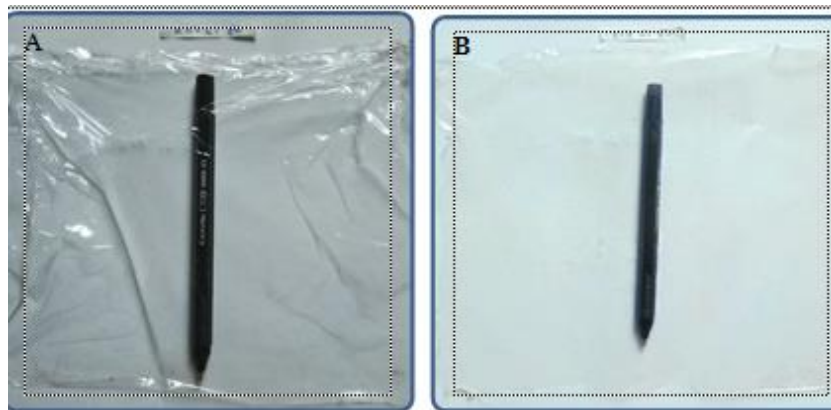
Deskripsi Sifat Fisik *Edible Film* berbasis Karagenan

Penampakan fisik lembaran *edible film* dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : bahan dasar pembuat *edible film*, suhu pemanasan, plasticizer yang digunakan serta keseimbangan konsentrasi antara bahan dasar dan plasticizer. Berikut ini deskripsi dari masing-masing lembaran *edible film* pada konsentrasi tertinggi dan terendah.

Penampakan *Edible Film* dengan Perbedaan Konsentrasi Karagenan

Pada pengamatan secara visual yang dilakukan oleh peneliti, dapat dideskripsikan bahwa karagenan dengan konsentrasi tertinggi tampak utuh, tebal dan warna terlihat kekuningan serta, lebih mudah ditangani pada saat lembaran dilepaskan dari plat kaca (cetakan *edible film*). Hal tersebut berbanding terbalik dengan konsentrasi karagenan terendah yang memiliki lembaran tidak utuh (mudah terlipat dan lengket), tipis dan memiliki warna lebih bening serta penanganannya sangat sulit pada saat lembaran dilepaskan dari plat kaca. Siragih *et al.* (2016) Semakin banyak konsentrasi karagenan yang digunakan maka akan menghasilkan film dengan tingkat kekuningan yang semakin besar. *Warna edible film* tergantung pada jenis bahan dasar (Ningsih, 2015).

Pengamatan visual bertujuan untuk menentukan produk yang akan dikemas, sehingga tidak mengurangi nilai jual produk. Penampakan visual berdasarkan perbedaan konsentrasi karagenan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampakan visual *edible film* karagenan 0,2% (A) dan 1,8% (B).

Penampakan *Edible Film* dengan Perbedaan Konsentrasi Gliserol

Penampakan lembaran *edible film* dengan konsentrasi gliserol yang lebih sedikit memiliki tidak utuh (ada sobekan dan kerutan) dan warna yang lebih kuning, dibandingkan dengan konsentrasi gliserol yang lebih tinggi kondisi lembaran lebih utuh dan warna lebih bening. Menurut David dan George (1999); Bourtoom (2007); Hidayati *et al.* (2015); Sitompul *et al.* (2017), menyatakan bahwa plasticizer (Gliserol) meningkatkan fleksibilitas, mengurangi kekakuan, sehingga semakin banyak konsentrasi

gliserol yang dihasilkan maka, *edible film* akan semakin elastis dan lentur. Elastisitas dan kelenturan tersebut apabila tidak diseimbangi oleh konsentrasi karagenan maka berakibat pada buruknya penampakan lembaran *edible film* yang dihasilkan. Berikut ini penampakan kondisi lembaran *edible film* (Gambar 5).



Gambar 5. Penampakan visual *edible film* gliserol 0,2% (A) dan 1,8% (B).

Penampakan *Edible Fim* dengan Perbedaan Suhu Pemanasan

Berdasarkan penampakan visual dari lembaran *edible film* dapat dilihat bahwa suhu pemanasan 97°C memiliki kecenderungan warna lebih kekuningan dibandingkan dengan suhu 63°C. Warna yang terlalu kuning pada pemanasan yang terlalu tinggi disebabkan oleh adanya reaksi karamelisasi. Reaksi karamelisasi adalah reaksi yang terjadi karena pemanasan gula pada temperatur diatas titik cairnya yang akan menghasilkan perubahan warna menjadi warna gelap sampai coklat (Tranggono dan Sutardi, 1989). *Edible film* yang saat ini digunakan tersusun dari karagenan yang memiliki komponen karbohidrat. Menurut Herly (2012), komponen utama penyusun *edible film* yaitu karbohidrat (alginat). Adanya kandungan karbohidrat tersebut yang memiliki kandungan gula, mengakibatkan pencoklatan pada saat pemanasan.



Gambar 6. Penampakan visual *edible film* suhu pemanasan 63 °C (A) dan suhu pemanasan 97 °C (B).

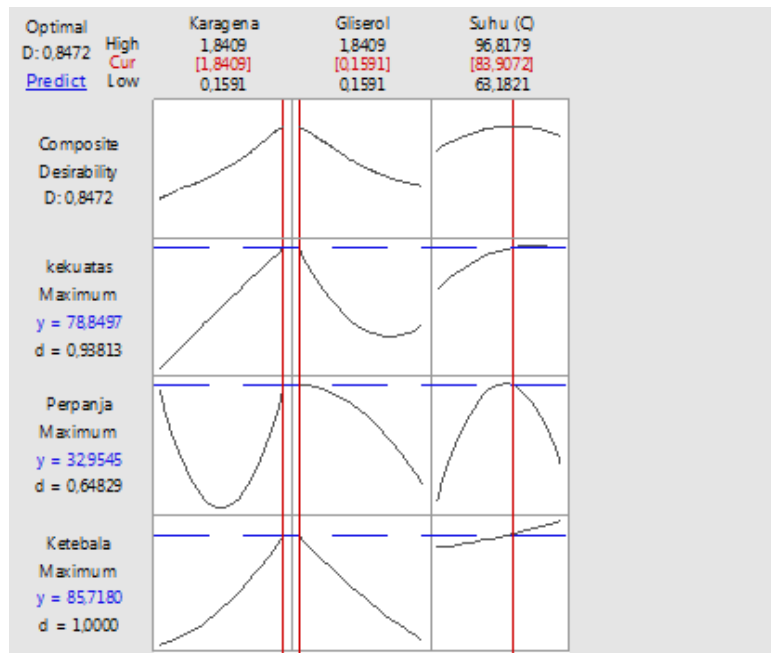
Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapour Transmission Rate*)

Hasil pengamatan laju transmisi uap air (*water vapour transmissi rate*) yang dilakukan pada lembaran *edible film* sebesar 2444,67 gram/m² dengan ketebalan 51,89 µm pada konsentrasi karagenan 1%, gliserol 1% dan suhu pemanasan 97°C. Nilai Laju transmisi uap air pada *edible film* karagenan ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Basuki *et al.* (2014) yang menghasilkan nilai laju transmisi uap air sebesar 0,147 gram/m² dengan ketebalan 0,041 mm pada konsentrasi pati ubi jalar 3% dan gliserol 12% dan penelitian katili *et al.* (2013) yang menghasilkan nilai laju transmisi uap sebesar 559,48 gram/m² dengan ketebalan 0,097 mm pada konsentrasi khitosan 5% dan gliserol 0,8%. Konsentrasi yang lebih tinggi pada bahan penyusun *edible film* mempengaruhi kualitas *edible film*.

Kualitas *edible film* dapat dilihat dari nilai laju transmisi uap air (*Water Vapour Transmission Rate*). Laju transmisi uap air merupakan Laju aliran uap air dalam satu permukaan atau media dalam kondisi dan waktu tertentu. Pengukuran laju transmisi uap air pada *edible film* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana lembaran *edible film* dapat menahan laju uap air yang menembusnya. Menurut Pudjiastuti *et al.* (2013) Laju transmisi uap air merupakan suatu pengukuran kemudahan suatu bahan untuk dilalui uap air tanpa memperhitungkan ketebalan bahan dan perbedaan tekanan udara di dalam dan di luar bahan. Semakin tinggi laju transmisi uap air pada *edible film* maka, kualitas *edible film* semakin rendah. Rendahnya kualitas *edible film* mengurangi fungsinya sebagai pelindung makanan yang dapat memperpanjang daya simpan. Katili *et al.* (2013) menyatakan bahwa besarnya laju transmisi uap air akan menurunkan kualitas produk. Semakin rendah laju transmisi uap air yang melewati dinding plastik maka bahan pangan yang dikemas didalamnya akan memiliki umur simpan yang lebih lama (Pudjiastiri *et al.*, 2013).

Kondisi Optimum Konsentrasi Edible Film

Hasil analisis *edible film* menggunakan *software* Minitab 18 untuk memperoleh titik optimal perlakuan konsentrasi yang digunakan agar menghasilkan batasan-batasan respon yang sesuai dengan harapan, berdasarkan hasil analisis titik optimum dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar menunjukkan bahwa proses pembuatan *edible film* yang optimum terdapat pada konsentrasi karagenan 1,8%, konsentrasi gliserol 0,2%, dan suhu pemanasan 84°C dengan nilai desirability sebesar 0,8472. Respon yang dihasilkan dari perlakuan yang optimum untuk kuat tarik maksimum 78,84 Mpa dengan nilai desirability sebesar 0,93, perpanjangan putus 32,95% Mpa dengan nilai desirability sebesar 0,64 dan ketebalan 85 µm Mpa dengan nilai desirability sebesar 1,0. Menurut Raissi dan Farzani (2009) nilai desirability merupakan nilai fungsi tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kriteria yang ditetapkan pada produk akhir. Kisaran nilainya dari 0 sampai 1,0. Nilai desirability yang semakin mendekati nilai 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna. Tujuan optimasi bukan untuk memperoleh nilai desirability 1,0, namun untuk mencari kondisi terbaik yang mempertemukan semua fungsi tujuan.



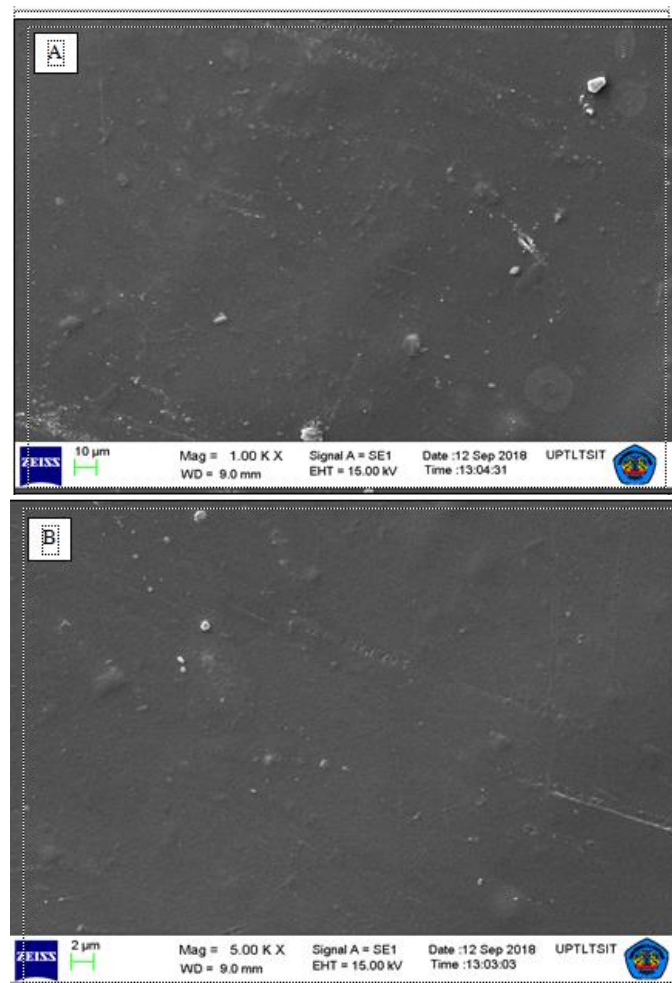
Gambar 7. Optimasi RSM pembuatan *edible film* karagenan.

Kondisi optimal dengan nilai desirable mendekati 1 dapat dilihat pada ketebalan dan kuat tarik, hal tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai ketebalan dan kuat tarik *edible film* mendekati nilai sempurna.

Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu jenis mikroskop elektron yang menciptakan berbagai gambaran dengan memusatkan suatu berkas cahaya energi elektron tinggi ke permukaan suatu sampel dan sinyal pendeteksian dari interaksi elektron dengan permukaan sampel. Jenis sinyal terkumpul dalam suatu SEM bervariasi dan dapat meliputi elektron sekunder, karakteristik sinar-rontgen, dan hamburan balik electron. Pada penggunaan mikroskop elektron merupakan berkas cahaya elektron yang dipusatkan untuk memperoleh perbesaran jauh lebih tinggi dibanding suatu mikroskop cahaya konvensional (Setyadhani, 2012). Lembaran *edible film* dengan konsentrasi yang optimum dianalisa dengan menggunakan SEM untuk mengetahui morfologinya. Hasil analisa morfologi lembaran *edible film* dengan menggunakan SEM dapat dilihat seperti pada Gambar 8.

Hasil penampakan analisa SEM pada lembaran *edible film* tersebut menunjukkan bahwa morfologi *edible film*, tampak halus, tidak ada retakan dan sedikit gelembung pada pembesaran 1000x dan 5000 kali. Kondisi lembaran yang dihasilkan pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan hasil uji SEM pada penelitian Emma *et al.* (2013), yang memperlihatkan hasil SEM pada lembaran *edible film* dari tepung rumput laut dan gliserol, serta kitosan pada pembesaran 1000x dan 2000x sedikit tidak merata, masih terlihat adanya lekukan pada film, kemungkinan disebabkan bahan dari campuran kurang homogen.



Gambar 8. Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (A) Pembesaran 1000x dan (B) Pembesaran 5000x.

Gelembung pada *edible film* tidak terlihat pada pembesaran 1.000x dan 5.000x. Wini *et al.*, (2013) Retakan *edible film* diduga akibat serat bahan yang memiliki partikel yang cukup besar sehingga tidak terlarut dengan sempurna. Retakan pada *edible film* juga dapat menyebabkan air akan terserap lebih banyak. Lekukan atau lipatan pada *edible film* disebabkan oleh tingginya gliserol sehingga lembaran lebih lengket dan menyebabkan lekukan selain itu, kurang homogennya bahan baku yang digunakan untuk membuat *edible film* dapat menyebabkan lipatan atau gelembung. Emma *et al.* (2013) *Edible film* yang memiliki banyak lekukan disebabkan oleh kurang homogennya campuran bahan yang digunakan.

E. PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah hasil optimasi sifat fisik *edible film* berbahan baku karagenan dan plasticizer gliserol menunjukkan bahwa kondisi kombinasi perlakuan optimum dengan menggunakan hasil analisis metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*) terjadi pada konsentrasi karagenan 1,8%, gliserol 0,2% dan suhu pemanasan 84°C serta, menghasilkan kuat tarik maksimum 78,84 Mpa, perpanjangan putus 32,95% dan ketebalan 85 µm, serta hasil uji SEM menunjukkan gambar morfologi lembaran merata, tidak ada lekukan dan retakan pada pembesaran 5000x.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah dibutuhkannya penelitian lanjutan dengan adanya penambahan bahan baku lain agar menghasilkan *edible film* dengan laju transmisi uap air yang rendah serta, dana yang cukup untuk penelitian agar pengukuran laju transmisi uap air dapat dilakukan diseluruh rancangan percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus,S., R.Salam., Bandriyana., A.Dimiyat. 2014. Studi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk Karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, PSTBM-BATAN. Jurnal Forum Nuklir (JFN), Volume 9, Nomor 2, November 2015.
- Amaliya, R.R., dan W.D.R.Putri. 2014. Karakterisasi edible film dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTTP Universitas Brawijaya Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.2 No.3 p.43-53.
- Anonim. 2007. Bahaya Bahan Plastik. Mojokerto: Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup.
- Ariska,R.E., dan Suyatno. 2015. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik edible film dari pati bonggol pisang dan karagenan dengan plasticizer gliserol. Prosiding. Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya, 3-4 Oktober 2015.
- Astuti,P., dan A.A.Erprihana. 2014. Antimicrobial Edible Film from Banana Peels as Food Packaging. Semarang State university. American Journal of Oil and Chemical Technologies. Volume 2 Issue 2.
- Atik,S. 2012. Plastik Biodegradable. <http://atikshofy.blogspot.co.id/2012/01/edible-packaging-kemasan-bio-degradable.html>. Dikutip 25 januari 2017.
- S Basuki,E.K., Jariyah dan D.D.Hartati. 2014. Karakteristik *edible film* dari pati ubi jalar dan gliserol. Program studi teknologi pangan, FTI UPN< Jawa Timur. J. Rekapangan Vol 8 No 2 Desember 2014.
- Bourtoom, T. 2008. *Edible Film and Coatings*. Characteristics and Properties, Int. Food Res. J., 15 (3), 1-12.
- Cervera,M.F., J.Heinämäki., K.Krogars., A.C.Jørgensen., Karjalainen., A.I.Colarte., J.Yliruusi. 2005. Solid-State and Mechanical Properties of Aqueous Chitosan-Amylose Starch Films Plasticized With Polyols. AAPS PharmSciTech 2004.
- Dahuri. 2011. Mengembangkan Industri Rumput Laut Secara Terpadu. Samudra,Edisi 93 Januari 2011.

- Darni, Y., Chici, A., S. Ismiyati, D. 2008. Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008: Universitas Lampung. 17-18 November 2008.
- Dewi, A. K., I. W. Sumarjaya, I. G. A. M. SRINADI. 2013. Penerapan Metode Permukaan Respons dalam Masalah Optimalisasi. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran-Bali. e-Jurnal Matematika Vol. 2, No. 2, Mei 2013, 32-36.
- Diova, D. A., YS. Darmanto, L. Rianingsih. 2013. Karakteristik Edible Film Komposit Semirefined Karagenan. Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. Vol 2 No 2 Hal 1-10.
- Distantina, S. Rochmadi, M. Fahrurrozi, dan Wiratmi. 2010. Proses Ekstraksi Karagenan dari *Eucheuma Cottoni*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses, 4-5 Agustus 2010 Issn : 1411-4216.
- Emma, Z., R. Bulan, Z. Alvian, S. Taurina, R. S., D. Lestari, A. 2013. Pembuatan *Edible Film* dari Campuran Tepung Rumput Laut (*Euchepeuma Sp*), dengan Gliserol dan Kitosan. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Fardhyanti, D. S., dan S. S. Julianur. 2015. Karakterisasi Edible Film Berbahan Dasar Ekstrak Karagenan Dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*). Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. ISSN 2086-5465.
- Fatma, M., Ratmawati¹, Fahrullah, M. Taufik. 2016. Karakteristik *Edible Film* Berbahan *Whey Dangka* dengan Penambahan Karagenan. Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin Jurnal Veteriner Juni 2018 Vol. 19 No. 2.
- Funami, T., Y. Kataoka, T. Omoto, Y. Goto, I. Asai, K. Nishinari. 2005. Food Hydrocolloids Control The Gelatinization and Retrogradation Behavior Of Starch. 2b. Functions Of Guar Gums With Different Molecular Weights On The Retrogradation Behavior Of Corn Starch. Osaka University. Japan. Food Hydrocolloids 19 (2005) 25–36.
- Gracia, M. A., M. N. Martino, N. E. Zartzy. 2000. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. Institute of Food Technologists. Journal Of Food Science Vol 65 No 6.
- Harumarani, S., W. F. Ma'ruf, Romadhon. 2016. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Gliserol pada Karakteristik Edible Film Komposit Semirefined Karagenan *Eucheuma Cottoni* dan Beeswax. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. J. Peng. & Biotek. Hasil Pi. Vol. 5 No. 1.
- Hasnelly, I. S. Nurminabari, M. E. U. Nasution. 2015. Pemanfaatan *Whey* Susu menjadi *Edible Film* sebagai Kemasan dengan Penambahan CMC, Gelatin, dan Plasticizer. Universitas Pasundan, Bandung.
- Herly, D. 2012. *Edible*. <http://dewiberly.blogspot.co.id/2012/06/edible.html>. Dikutip tanggal 25 Januari 2017.
- Hidayati, S., A. S. Zuidar, A. Ardiani. 2015. Aplikasi Reaktor pada *Biodegradable Film* dari Na. ta De Cassava. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. Reaktor Vol. 15 No.3.
- Huri, D., dan C. F. Nissa. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol 2 No 4 : 29-40.

- Irawan, N., dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah Data Statistic dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Julianti dan Nurminah. 2006. Bahan Pengajaran. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Katili, S., B.T. Harsunu., dan S. Irawan. 2013. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik *Edible Film* dari Khitosan. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Departemen Perindustrian RI. Jurnal Tekonogi Vol 6 No 1.
- Khumairoh, M. 2016. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Konsentrasi CMC terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas pertanian Universitas Lampung. Lampung.
- Lindriati, T., Y. Praptiningsih., D.F. Wijayanti. 2014. Karakteristik Fisik Gel *Edible Film* yang Dibuat dengan Variasi Ph dan Rasio *Kasein* dan Tapioka. Universitas Jember. Jember. Jurnal Ilmu dasar Volumen 15 No.1.
- Maulana, K.W. 2009. Pemanfaatan Pati Singkong sebagai Bahan *Edible Film*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Bandung.
- Meenakshi, G., Subharwal, P.K., Aditi., Shadu, S.D. 2016. Advancement In Conventional Packaging—Edible Packaging. World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences. University of Delhi, Dwarka, New Delh.
- Moses, J., R. Anandhakumar., and M. Shanmugam. 2015. Effect Of Alkaline Treatment On The Sulfate Content and Quality Of Semi-Refined Carrageenan Prepared From Seaweed *Kappaphycus Alvarezii* Doty (Doty) Farmed In Indian Waters. African Journal of Biotechnology Vol. 14(18), pp. 1584-1589.
- Mulyadi, A.F., M.H. Pulungan., dan N. Qayyum. 2015. Pembuatan *Edible Film* Maizena dan Uji Aktifitas Antibakteri (Kajian Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea Indica L.*)). Department of Agro Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology University of Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Ningsih, S., N. 2015. Pengaruh *Plasticizer* Gliserol terhadap Karakteristik *Edible Film* Campuran *Whey* dan Agar. Fakultas Peternakan Universitas Hasanudin. Makasar.
- Nurmaya, U.M., S. Sunaryo., Irhamah., dan M.S. Akbar. 2013. Optimasi Multirespon dengan Menggunakan Metode Hybrid Fuzzy Goal Programming dan Genetic Algorithm (Studi Kasus : Pemotongan Logam Pada Mesin Edm Sinking). Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII Program Studi MMT-ITS. Surabaya.
- Nurmiah, S., R. Syarif., Sukarno., R. Peranginangin., dan B. Nurtama. 2013. Aplikasi Response Surface Methodology pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC). Institut Pertanian Bogor Jawa Barat. JPB Kelautan dan Perikanan Vol. 8 No. 1 Tahun 2013: 9–22.
- Oramahi. 2009. Teori dan Aplikasi Response Surface Methodology (Rsm). <http://oramahi.blogspot.co.id/2008/06/teori-dan-aplikasi-response-surface.html>. Dikutip 25 Januari 2009.
- Pudjiastuti, W., A. Listyarini., dan M.I. Rizki. 2013. Pengaruh Laju Transmisi Uap Air *Polymer Blend Polibutilen Suksinat* (PBS) dan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) terhadap Umur Simpan Sup Krim Instan Rasi. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI. J. Kimia Kemasan Vol 35 No 1.

- Radojkovic, M., Z.Zekovic., S.Jokic., S.Vidovic. 2012. Determination of Optimal Extraction Parameter of Mulberry Leaves Using Response Surface Methodology (RSM). *Journal Romanian Biotechnological Letters*. 17 (3) : 7295 – 7308.017.
- Raheemtabet. 2014. Jenis-jenis Rumput Laut Asal Indonesia yang Diekspor ke Luar Negeri. <https://raheemtabet.wordpress.com/2014/10/13/jenis-jenis-rumput-laut-asal-indonesia-yang-diekspor-ke-luar-negeri>. Diakses pada tanggal 14 November 2.
- Raissi, S., and Farzani, R.E. 2009. Statistical Process Optimization Through Multi-Response Surface Methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. pp. 267–271.
- Rhein-Knudsen, N., M.T.Ale., A.S.Meyer. 2015. *Review - Seaweed Hydrocolloid Production: An Update on Enzyme Assisted Extraction and Modification Technologies*; *Mar. Drugs* 2015, 13, 3340-3359.
- Rusli.A., Metusalach., Salengke., M.M., Tahir. 2017. Karakteritis *Edible Film* Karagenan dengan Pmlatis Gliserol. Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanudin. Makasar. JPHPI Volume 20 No.2.
- Saiful., S.Saleha., Salman. 2013. Preparation and Characterization Edible Film Packaging from Carrageenan. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Kualia Syiah. Banda Aceh. Volume 3 No.3.
- Salim, Z dan Ernawati. 2015. Info Komoditi Rumput Laut. Badan Pengkajian dan Pengembangan Pengkajian Perdagangan. Kemeterian Perdagangan Republik Indonesia. Jakarta.
- Salsabila, A dan M.Ulfa. 2017. 1Program Studi Pendidikan Biologi, FPMIPATI, Universitas PGRI Semarang. Bioma, Vol. 6, No. 1.
- Sanjaya, G.I dan T.Puspita. 2011. Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradeable dari Pati Limbah Kulit Singkong. Laboratorium Pengolahan Limbah Industri Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS .
- Saragih,I.A., F.Restuhadi., E. Rossi. 2016. Kappa Karaginan sebagai Bahan Dasar Pembuat *edible film* dengan Penambahan Pati Jagung (Maizena). (Jurnal). Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Riau. Jom Paperta Vol. 3 No.1.
- Setha,B., M.N.Mailoa., F.F.Gaspersz. 2016. Analysis of Quality Sheet Carrageenan of *Euचेuma Cottonii*. *International Journal of ChemTech Research* Vol. 9 No.01 pp 92-94.
- Setiani,W., T.Sudiarti., L.Rahmidar. 2013. Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Valensi Vol. 3 No. 2.
- Sitompul,A.J.W.S dan E.Zubaidah. 2017. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Sifat Fisik *edible film* Kolang Kaling (*Arenga pinnata*). *Teknologi Hasil Pertanian*. Universitas Brawijaya. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol.5 No. 1:13-25.
- Simanjuntak,U. 2016. Indonesia Menjadi Produsen Rumput Laut Terbesar didunia dalam Data Breaking News dalam Komoditi Online Guide. <https://komoditi.co.id/indonesia-menjadi-produsen-rumput-laut-terbesar-di-dunia/>. Diakses tanggal 02 Agustun 2018.
- Sukkunta, S. 2005. *Physical and Mechanical Properties of Chitosan-Gelatin Based Film*. Thesis. Department Technology of Environmental Management. Faculty of Graduate Studies. Mahidol University. Thailand.

- Supeni, G. 2012. Pengaruh Formulasi *Edible Film* dari Karagenan terhadap Sifat Mekanik dan Barrier. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian. Jakarta Timur. J. Kimia Kemasan, Vol 34 No.2.
- Supeni, G., A.A.Cahyaningtyas., A. Fitriana. 2015. Karakteristik Fisik dan Mekanik Penambahan Kitosan pada *Edible Film* Karagenan dan Tapioca Termodifikasi. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian. Jakarta timur. J. Kimia Kemasan, Vol 37 No. 32.
- Sutikno., Marniza., R.M.Sari. 2015. Effects of Seaweed (*Eucheuma cottonii*) Extraction and Hydrolysis on Reducing Sugar for Bioethanol Production, Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi VI Lembaga Penelitian Universitas Lampung, 3 November 2015.
- Tranggono dan Sutardi. 1990. Biokimia, Teknologi Pasca Panen dan Gizi. PAU Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Valderrama, D., J.Cai., N. Hishamunda., N.Ridler. 2013. Social and Economic Dimensions of Carrageenan Seaweed Farming. Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 580. Rome, FAO.
- Warkoyo., B.Rahardjo., D.W.Marseno., J.N.W.Karyadi. 2014. Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier *Edible Film* Berbasis Pati Umbi Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*) yang Diinkorporasi dengan Kalium Sorbat. Universitas Muhammadiyah Malang. AGRITECH, Vol 34 No 1.
- Warsiki,E., T.C.Sunarti., L.Nurmala. 2013. Kemasan Antimikrob untuk Memperpanjang Umur Simpan Bakso Ikan; Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Desember 2013 Vol. 18 (2): 125-131.
- Warsiki,E., J.Sianturi., T.C.Sunarti. 2011. Physical-Mechanical Properties and Permeability Evaluation of Chitosan Film. J.Tel.Ind.Pert.Vol.21(3),129-145.
- Wirawan,S.K., A. Prasetya., Erni. 2012. Pengaruh *Plasticizer* pada Karakteristik *Edible Film* dari Pektin. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Reaktor Volume 14 No.1.
- Wini, S., T.Sudiarti., L.Rahmidar. 2013. Preparasi dan Karakterisasi *Edible Film* dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Valensi Vol. 3 No. 2, November 2013 (100-109). ISSN : 1978 – 8193.
- Zink,J., T.Wyrobnik., T.Prinz., M.Schmid 2016. Physical, Chemical and Biochemical Modifications of Protein-Based Films and Coatings: An Extensive Review. International Journal of Molecular Sciences.