

# **Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Karakteristik Fisikokimia *Edible Film* Berbasis Gelatin.**

## ***Effects of Carrageenan Concentration towards Physicochemical Characteristic of Gelatin Based Edible Film.***

**Felicia Tri Sulisty<sup>1\*</sup>, Adrianus Rulianto Utomo<sup>1</sup>, Erni Setijawati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[\\*feliciatrisulistyo@gmail.com](mailto:feliciatrisulistyo@gmail.com)

### **Abstract**

*Plastics as packaging are non-degradable and have bad effect for environment. The solution to solve this problem is to produce biodegradable packaging such as edible film. Gelatin is selected as the main ingredient in this research because it is clear and thermoreversible with melting point less than 35°C. Addition of carrageenan can strengthen the edible film end structure. The research design used in this research is randomized block design that consists of one factor, addition of carrageenan concentration with 7 levels of treatment 0%; 0.2%; 0.4%; 0.6%; 0.8%; 1%; and 1.2% (w/w). Results showed that concentration of carrageenan give influence to physicochemical characteristics of gelatin based edible film. Moisture content result ranges from 14.15% - 19.24%, the percent value of solubility ranges from 99.52% - 88.78%, WVP value ranges from  $4.29 \times 10^{-8}$  -  $1.05 \times 10^{-7}$  g/m<sup>2</sup>.h.Pa, the percent value of elongation ranges from 1.25% - 2.66%, and the tensile strength value ranges from 196.543 N/mm<sup>2</sup> - 431,347 N/mm<sup>2</sup>.*

*Keywords: edible film, gelatin, carrageenan.*

### **Abstrak**

Plastik sebagai pengemas memiliki sifat *non-degradable* sehingga berdampak buruk terhadap lingkungan. Solusi untuk mengatasi masalah limbah plastik ini adalah menghasilkan kemasan *biodegradable* salah satunya adalah *edible film*. Gelatin dipilih sebagai bahan baku pembuatan *edible film* karena bersifat jernih dan *thermoreversible* dengan titik leleh kurang dari 35°C. Penambahan karagenan diharapkan dapat memperkuat struktur

akhir *edible film*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor yaitu penambahan konsentrasi karagenan dengan 7 level perlakuan sebesar 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1%; dan 1,2% (b/b). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisikokimia *edible film* berbasis gelatin. Nilai kadar air memiliki kisaran 14,15% - 19,24%, nilai persen kelarutan berkisar 99,52% - 88,78%, nilai WVP berkisar  $4,29 \times 10^{-8}$  -  $1,05 \times 10^{-7}$  g/m<sup>2</sup>.h.Pa, nilai persen pemanjangan berkisar 1,25% - 2,66%, dan nilai kuat tarik berkisar 196,543 N/mm<sup>2</sup> - 431,347 N/mm<sup>2</sup>.

Kata kunci: *edible film*, gelatin, karagenan.

## PENDAHULUAN

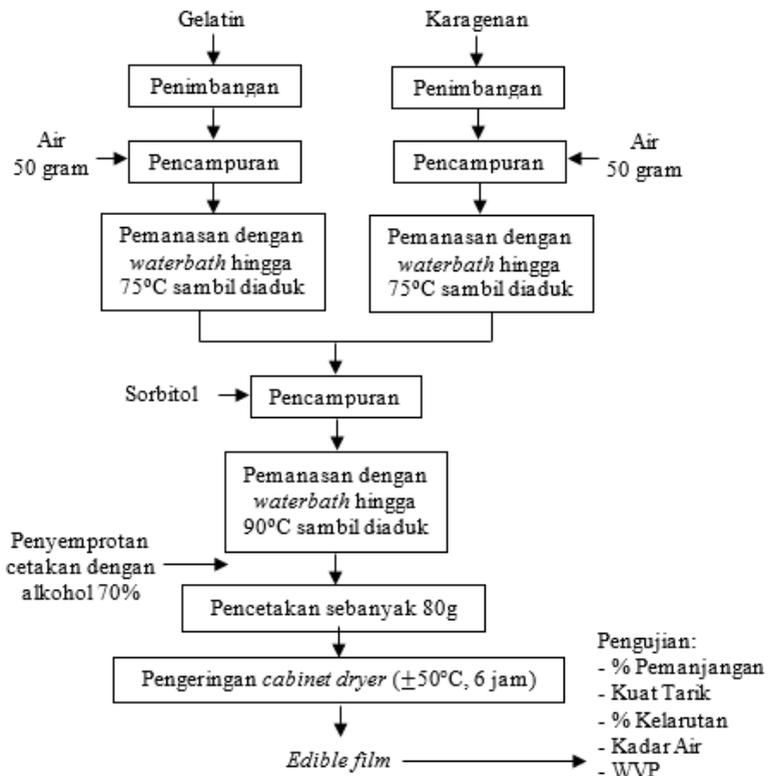
*Edible film* merupakan lapisan tipis yang berfungsi sebagai pengemas atau pelapis makanan yang sekaligus dapat dimakan bersama-sama dengan produk pangan yang dikemas (Yulianti dan Ginting, 2012). *Edible Film* bersifat *biodegradable* sehingga dapat digunakan sebagai pengemas untuk mengurangi masalah limbah plastik. Karakteristik *edible film* yang diinginkan pada penelitian ini adalah kuat, jernih, fleksibel, memiliki *heat sealability* yang baik, memiliki permeabilitas uap air yang rendah dan dapat larut dalam air panas suhu 80-90°C. Bahan yang dipilih dalam pembuatan *edible film* ini adalah gelatin karena sifatnya yang jernih serta memiliki titik leleh yang rendah. Penggunaan *edible film* berbasis gelatin sebagai pengemas dapat mengurangi transport oksigen dan air (Gennadios dkk., 2006). Sorbitol konsentrasi 0,75% ditambahkan untuk meningkatkan *sealability* dan elastisitas *edible film*, namun karakteristik *edible film* yang dihasilkan masih cenderung rapuh.

Penambahan k-karagenan dalam *edible film* berbasis gelatin diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas dan kekuatan *edible film* karena menurut Linus dkk. (2003), polimer dari karagenan dan gelatin dapat membentuk jaringan struktural akibat interaksi antara kelompok anionik dari polisakarida dan kelompok kationik dari protein gelatin, sehingga dapat memperkuat struktur akhir dari *edible film*. Menurut Priastami (2011), karagenan juga memiliki sifat *thermoreversible* dan seluruh fraksinya akan larut pada suhu 70°C oleh karena itu, karagenan dapat ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin.

## BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelatin tipe B diperoleh dari Cartino Gelatin Co., Ltd, Thailand, Kappa karagenan diperoleh dari PT. Algalindo Perdana, sorbitol diperoleh dari PT. Cargill dan AMDK (air mineral dalam kemasan).

Penelitian ini menggunakan metode analisa data ANOVA untuk parameter kadar air, persen kelarutan dan *Water Vapor Permeability* (WVP) dan analisa regresi untuk parameter persen pemanjangan dan kuat tarik. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari satu faktor yaitu penambahan konsentrasi karagenan dengan tujuh level perlakuan 0%; 0,2%; 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% dan 1,2% (b/b). Pengulangan dilakukan sebanyak 4 (empat) kali. Diagram alir pembuatan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan *Edible Film*

## METODE ANALISA

### Kadar Air

Analisa kadar air *edible film* dilakukan dengan metode Thermogravimetri (AOAC, 1990).

### Persen Kelarutan

Pengujian persen kelarutan dilakukan dengan menimbang 1 gram sampel *edible film* kering yang telah diperoleh berat konstan kemudian dilarutkan dalam air bersuhu 80°C, dilakukan pengadukan sebanyak 20 kali searah jarum dan didiamkan selama 10 menit. *Edible film* kemudian disaring dan sisanya ditimbang hingga diperoleh berat konstan sehingga dapat dilakukan perhitungan persen kelarutan (Ghanbarzadezh dkk., 2010 dengan modifikasi).

### Water Vapor Permeability (WVP)

Pengujian WVP dilakukan dengan memotong sampel *edible film* dengan ukuran 6x6 cm yang telah diketahui tebalnya, kemudian direkatkan dengan double tape di atas gelas kaca yang berisi 20 g *silica gel* konstan. *Edible film* yang telah direkatkan tersebut disimpan dalam eksikator berisi larutan NaCl jenuh selama 6 hari kemudian ditimbang. Penambahan berat *silica gel* menjadi data untuk perhitungan WVP *edible film* (Ghanbarzadezh dkk., 2010 dengan modifikasi).

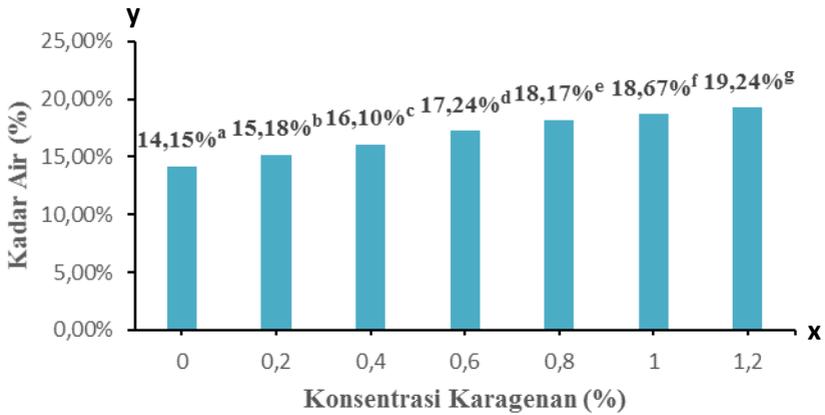
### Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan

Pengujian kuat tarik dan persen pemanjangan dilakukan di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (Jl. Sukonandi no. 9, Yogyakarta) menggunakan standar ASTM D-882 yang merupakan standar pengujian untuk kemasan plastik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Air

Kadar air *edible film* memiliki peran yang penting terhadap stabilitas produk yang dilapisinya sehingga selama proses penyimpanan sebagai kemasan primer tidak memberikan sumbangan air kepada produk yang berdampak pada kerusakan dan penurunan mutu produk serta pengurangan masa simpan (Rusli dkk., 2017). Pengujian kadar air *edible film* dalam penelitian ini memiliki kisaran antara 14,15% - 19,24%. Grafik pengaruh konsentrasi karagenan terhadap kadar air *edible film* berbasis gelatin dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan ada beda nyata pada  $\alpha=5\%$

Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Kadar Air *Edible Film* Berbasis Gelatin

Gambar 2 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi karagenan yang ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin maka semakin tinggi kadar air *edible film* tersebut. Penambahan karagenan dalam *edible film* berbasis gelatin akan menghasilkan matriks yang terdiri dari kompleks *gel* gelatin-karagenan (Voronko dkk., 2017). Matriks tersebut terbentuk karena adanya ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik dan interaksi elektrostatis antara kation dari asam amino gelatin dan anion dari gugus ester sulfat dan hidroksil bebas dari karagenan (Voronko dkk., 2017). Air yang terdapat dalam lingkungan diikat dalam matriks gelatin-karagenan oleh gugus hidrofilik yang terdapat dalam matriks tersebut.

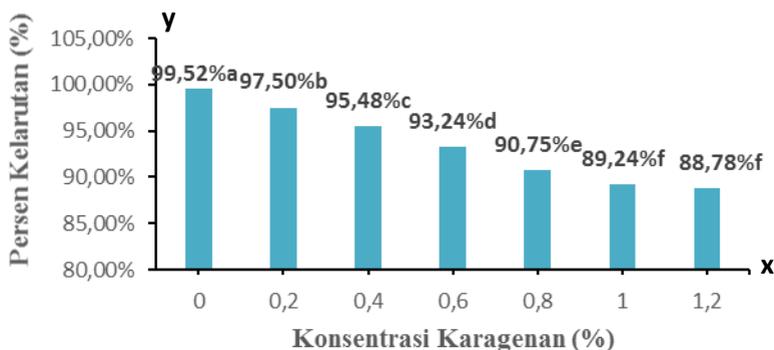
Karagenan memiliki sifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan untuk mengikat air dalam jumlah yang besar (Harijono dkk., 2001). Sifat hidrofilik dari karagenan disebabkan oleh adanya gugus hidroksil bebas (OH-) yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan H<sub>2</sub>O. Selain itu,  $\kappa$ -karagenan mengandung ester sulfat yang juga bersifat hidrofilik (Imeson, 2010). Dalam gugus ester sulfat terdapat sulfat (SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang dapat berikatan dengan air menjadi air yang terikat lemah dalam matriks *double helix* karagenan.

Penambahan karagenan yang semakin tinggi menyebabkan peningkatan kadar air karena dalam karagenan terdapat gugus

hidroksil dan ester sulfat yang bersifat hidrofilik. Jumlah karagenan yang semakin tinggi menyebabkan gugus hidroksil dan ester sulfat yang terdapat dalam matriks karagenan-gelatin semakin banyak sehingga mampu mengikat lebih banyak air dan mempertahankannya pada saat pengeringan dengan *cabinet dryer* (suhu 50°C, 6 jam) sehingga air yang diuapkan pada saat proses pengeringan lebih sedikit (Murni dkk., 2013). Sedangkan pada pengujian kadar air (suhu 105°C), air bebas dan air yang berikatan dengan gugus hidroksil dan ester sulfat dalam matriks karagenan-gelatin (air terikat lemah) akan terlepas karena karagenan membentuk *gel* pada suhu antara 45°C-65°C dan akan mencair kembali pada suhu 70-95°C (Pebrianta, 2005).

### Persen Kelarutan

Persen kelarutan *edible film* merupakan kemampuan *edible film* untuk larut dalam air dan untuk menahan air (Rusli dkk., 2017). Pengujian persen kelarutan *edible film* dalam penelitian ini memiliki kisaran antara 99,52% - 88,7. Nilai persen kelarutan yang semakin besar menunjukkan semakin banyak *edible film* yang larut dalam air panas (suhu 80°C) saat pengujian. Grafik pengaruh konsentrasi karagenan terhadap persen kelarutan *edible film* berbasis gelatin dapat dilihat pada Gambar 3.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan ada beda nyata pada  $\alpha=5\%$

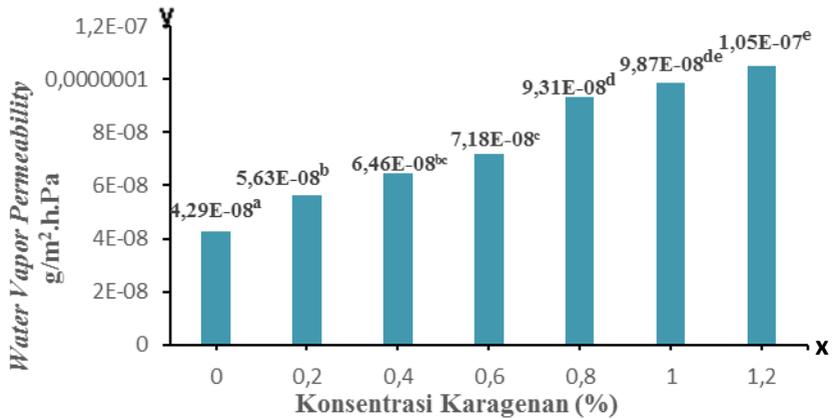
Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Persen Kelarutan *Edible Film* Berbasis Gelatin

Larutan karagenan dan larutan gelatin yang melalui proses pencampuran akan membentuk matriks karena adanya interaksi hidrofobik antara asam amino non polar dari gelatin dan rantai karagenan yang menyebabkan pelipatan protein gelatin, interaksi elektrostatis kation dari asam amino gelatin dan anion dari gugus hidroksil serta ester sulfat dari karagenan (Voronko dkk, 2017). Ikatan antar molekul dalam matriks kompleks gelatin-karagenan tersebut lebih sulit untuk terdisosiasi dalam air dibandingkan dengan larutan gelatin saja atau larutan karagenan yang tidak membentuk kompleks sehingga semakin banyak karagenan ditambahkan akan menghasilkan persen kelarutan yang semakin rendah (Dhanapal dkk., 2012). Selain itu, semakin banyak karagenan yang ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin maka matriks kompleks gelatin-karagenan yang terbentuk akan semakin rapat sehingga *edible film* dengan penambahan konsentrasi karagenan yang semakin tinggi akan semakin sulit larut dalam air.

Persen kelarutan yang semakin menurun juga disebabkan karena terdapat kandungan molekul 3,6-anhidro-D-galaktosa yang bersifat hidrofobik dan jumlahnya mencapai 28-35% pada  $\kappa$ -karagenan (Necas dan Bartosikova, 2013). Molekul 3,6-anhidro-D-galaktosa dalam  $\kappa$ -karagenan yang bersifat hidrofobik menyebabkan persen kelarutan *edible film* semakin rendah karena berat *edible film* yang tidak larut semakin besar. Nilai persen kelarutan yang tinggi dari *edible film* menunjukkan bahwa *edible film* tersebut mudah terdegradasi di alam (*biodegradable*) sehingga dapat digunakan sebagai pengemas primer (Dwimayasanti, 2016).

### **Water Vapor Permeability (WVP)**

*Water Vapor Permeability* merupakan pengukuran dari jumlah air atau kelembaban yang dapat melalui suatu unit luasan bahan yang permukaannya rata dengan ketebalan tertentu, sebagai akibat dari suatu perbedaan tekanan uap antara dua permukaan tertentu pada kondisi dan suhu tertentu (Pranoto dkk., 2007). Semakin kecil migrasi uap air pada produk yang dikemas menggunakan *edible film*, maka sifat *edible film* semakin baik dalam menjaga umur simpan produk yang dikemasnya (Dwimayasanti, 2016). Pengujian WVP *edible film* dalam penelitian ini memiliki kisaran antara  $4,29 \times 10^{-8}$  –  $1,05 \times 10^{-7}$  g/m.h.Pa. Grafik pengaruh konsentrasi karagenan terhadap WVP *edible film* berbasis gelatin dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan ada beda nyata pada  $\alpha=5\%$

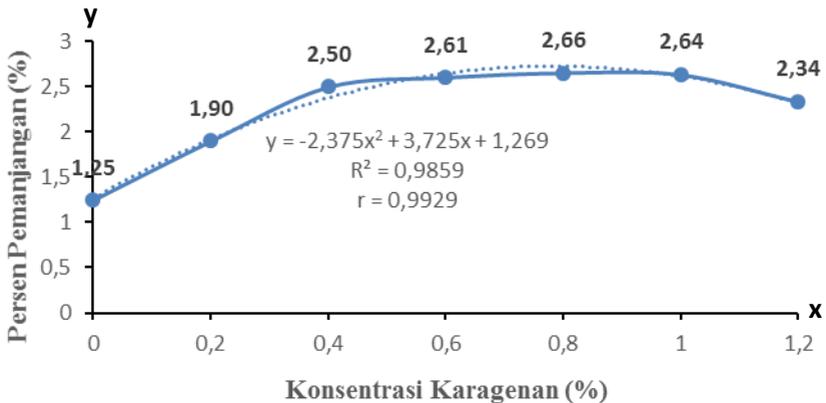
Gambar 4. Grafik Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap WVP *Edible Film* Berbasis Gelatin

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi karagenan akan meningkatkan WVP dari *edible film* berbasis gelatin. Perbedaan nyata dari WVP *edible film* disebabkan oleh adanya komponen karagenan yang memiliki sifat hidrofilik sehingga laju transmisi uap air dari *edible film* berbasis gelatin dapat meningkat (Handito, 2011). Karagenan memiliki sifat hidrofilik (Harijono dkk., 2001) karena memiliki ion hidroksil bebas (OH<sup>-</sup>) dan kandungan ester sulfat (Skurtyś dkk., 2010) sehingga semakin banyak konsentrasi karagenan yang ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin maka semakin banyak gugus hidrofilik pada matriks kompleks gelatin-karagenan yang dapat menyerap air dari lingkungan. Migrasi air dari lingkungan ke dalam *edible film* yang tinggi menyebabkan WVP dari *edible film* meningkat.

Permeabilitas uap air dari suatu *edible film* selain dipengaruhi oleh bahan yang digunakan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi lingkungan, dan kondisi fisik dari *film* itu sendiri (Dwimayasanti, 2016).

## Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan merupakan presentase pertambahan panjang maksimal dari suatu *edible film* pada saat ditarik sampai sobek atau putus (Rusli dkk., 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai persen pemanjangan dari *edible film* berbasis gelatin yang ditambahkan berbagai konsentrasi karagenan memiliki kisaran antara 1,25% - 2,66%. Grafik pengaruh penambahan karagenan terhadap persen pemanjangan *edible film* berbasis gelatin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Persen Pemanjangan *Edible Film* Berbasis Gelatin

Berdasarkan hasil regresi polinomial orde dua diperoleh persamaan  $y = -2,375x^2 + 3,725x + 1,269$  dengan nilai  $R^2 = 0,9859$  yang menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan yang ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin mempengaruhi 98,59% dari perubahan persen pemanjangan *edible film* dan sisanya 1,41% dipengaruhi oleh faktor lain pada saat dilakukan pengujian. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,9929 menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan yang digunakan memiliki hubungan yang sangat kuat dengan persen pemanjangan *edible film* serta nilai positif menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut searah.

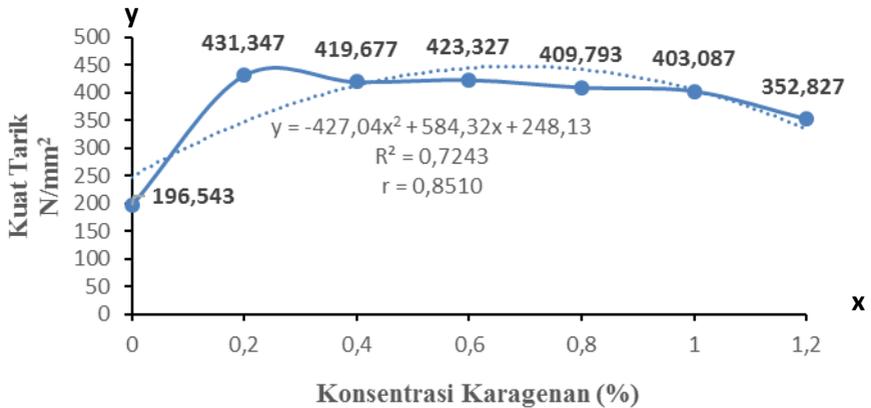
Grafik regresi polinomial orde dua dalam Gambar 5 menunjukkan bahwa pada penambahan konsentrasi karagenan 0%-0,4% akan meningkatkan persen pemanjangan secara signifikan yang kemudian kenaikannya semakin kecil pada konsentrasi 0,6%-

0,8% dan akhirnya cenderung menurun pada konsentrasi 1%-1,2%. Menurut Dwimayasanti (2016), semakin banyak karagenan yang ditambahkan dapat menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan elastisitas *edible film*. Penambahan konsentrasi karagenan akan meningkatkan gugus hidrofilik yang terdapat dalam matriks kompleks gelatin-karagenan sehingga meningkatkan elastisitas dari *edible film* hingga konsentrasi tertentu. Hasil persen pemanjangan *edible film* mulai menurun pada perlakuan penambahan konsentrasi karagenan 1%. Hal tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya karagenan yang ditambahkan maka struktur matriks gelatin-karagenan menjadi semakin rapat dan menghasilkan *film* yang kaku sehingga karakteristik *film* semakin tidak elastis dan berakibat pada persen pemanjangan yang semakin menurun (Handito, 2011).

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

Kuat tarik merupakan gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *edible film* sampai *film* tersebut terputus (Dwimayasanti, 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik dari *edible film* berbasis gelatin yang ditambahkan berbagai konsentrasi karagenan memiliki kisaran antara 196,543 N/mm<sup>2</sup> - 431,347 N/mm<sup>2</sup>. Grafik pengaruh penambahan karagenan terhadap kuat tarik *edible film* berbasis gelatin dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil regresi polinomial orde dua diperoleh persamaan  $y = -427,04x^2 + 584,32x + 248,13$  dengan nilai  $R^2 = 0,7243$  yang menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan yang ditambahkan dalam *edible film* berbasis gelatin mempengaruhi 72,43% dari perubahan kuat tarik *edible film* dan sisanya 27,57% dipengaruhi oleh faktor lain pada saat dilakukan pengujian. Faktor tersebut diduga disebabkan oleh homogenitas dari sampel *edible film* yang diuji. Penggunaan metode tuang dapat menyebabkan ketebalan *film* yang kurang merata. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,8510 menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan yang digunakan memiliki hubungan yang sangat kuat dengan kuat tarik *edible film* serta nilai positif menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut searah.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Kuat Tarik *Edible Film* Berbasis Gelatin

Grafik regresi polinomial orde dua dalam Gambar 6 menunjukkan bahwa *edible film* berbasis gelatin dengan perlakuan tanpa penambahan karagenan (0%) memiliki kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan *edible film* berbasis gelatin yang ditambahkan dengan karagenan. Grafik menunjukkan kenaikan kuat tarik yang cukup signifikan dari *edible film* dengan penambahan karagenan 0% ke 0,2%. Menurut Krochta dan Johnson (1997), penambahan karagenan akan meningkatkan nilai kuat tarik dari *edible film* berbasis gelatin karena karagenan dan gelatin mampu membentuk matriks polimer yang kuat dan menjadikan kekuatan tarik intermolekul pada *edible film* semakin kuat. Kuat tarik *edible film* berbasis gelatin akan semakin meningkat saat konsentrasi karagenan yang ditambahkan meningkat karena jumlah ikatan antarmolekul gelatin semakin banyak seiring bertambahnya konsentrasi karagenan.

Penambahan konsentrasi karagenan akan meningkatkan kuat tarik hingga konsentrasi 0,6% dan pada konsentrasi 0,8% nilai kuat tarik menurun. Hal tersebut disebabkan karena pada penambahan karagenan hingga konsentrasi 0,6% karagenan masih dapat membentuk rangkaian matriks yang kuat akibat ikatan antarmolekul gelatin dan karagenan, tetapi karena konsentrasi gelatin yang terbatas sementara konsentrasi karagenan terus meningkat.

Dalam matriks kompleks gelatin-karagenan terdapat jumlah maksimal karagenan yang dapat ditambahkan hingga gelatin tidak

mampu lagi berikatan dengan karagenan. Jika gelatin sudah tidak mampu untuk berikatan dengan karagenan yang mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi, maka sifat matriks yang muncul adalah matriks karagenan (*double helix*) yang memiliki kuat tarik lebih lemah dibandingkan dengan kuat tarik matriks kompleks karagenan-gelatin.

## KESIMPULAN

Perbedaan konsentrasi karagenan dalam *edible film* memiliki pengaruh terhadap parameter kadar air, persen kelarutan, WVP, persen pemanjangan dan kuat tarik *edible film*. Konsentrasi karagenan yang terus meningkat dapat meningkatkan kadar air dan WVP, serta menurunkan kelarutan *edible film*. Penambahan karagenan dalam *edible film* juga meningkatkan karakteristik kuat tarik dan persen pemanjangan hingga konsentrasi tertentu kemudian menurun seiring meningkatnya konsentrasi karagenan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis 14<sup>th</sup> Edition*. Washington D.C: Association of Analytical Chemists.
- Bell, A.E. 1989. *Water and Food Quality : Chapter 7 Gel Structure and Food Biopolymers*. New York: Elsevier Science Publishing Co., Inc.
- Dhanapal, A., Sasikala P, Rajamani L, Kavitha V, Yazhini G, Banu MS. 2012. Edible films from Polysaccharides, *Food Science and Quality Management*. 3: 9-17.
- Dwimayasanti, R. 2016. Pemanfaatan Karagenan sebagai *Edible Film*, *Oseana*. 41(2):8-13.
- Gennadios. A, C.L.Weller, dan R.F. Testin. 2006. Temperature Effect on Oxygen Permeability of Edible Protein-based Films, *Journal of Food Science*. 58(1): 212-214.
- Gharbanzadeh, B., H. Almasi, dan A.A. Entezani. 2010. Physical Properties of Edible Modified Starch/ Carboxymethyl Cellulose, *Innovative Food Science and Engineering Technologies*. 11:697-702. Rusli, A., Metusalach, Salengke,

- M.M. Tahir. 2017 Karakterisasi *Edible Film* Karagenan dengan Pemlastis Gliserol, *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2):219-229.
- Handito, D. 2011. Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Edible Film*, *Agritekso* 21(2-3):151-157.
- Harijono, J. Kusnadi, dan S.A. Mustikasari. 2001, Pengaruh Kadar Karagenan dan Total Padatan Terlarut Sari Buah Apel Muda terhadap Aspek Kualitas Permen *Jelly*, *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2(2):110-116.
- Krochta, J.M. dan C.D.M. Johnson. 1997. Edible and Biodegradable Films: Challenges and Opportunities, *Food Technology*. 51:61-74.
- Linus, F., N. Ganesan, dan C. Alice. 2003. Characterization of Gelatin Time and Texture of Gelatin Polysaccharide Mixed Gels, *Food Hydrocolloids*. 17(6): 871 -883.
- Pranoto, Y., C.M. Lee, H.J. Park. 2007. Characterizations of Fish Gelatins Films Added with Gellan and K-Carrageenan. *LWT Food Science and Technology*, 40(5):766-774.
- Priastami, C.S. 2011. Karagenan sebagai Bahan Penstabil pada Proses Pembuatan Melorin. *Skripsi S-1*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Skurtys, O., C. Acevedo, F. Pedreschi, J. Enronoe, F. Osorio, dan J.M. Aguilera. 2010. Food Hydrocolloid Edible Films and Coating. Department Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile, Santiago.
- Voronko, N.G., S.R. Derkach, M.A. Vowk, P.M. Tolstoy. 2017. Complexation of  $\kappa$ -Carrageenan with Gelatin in the Aqueous Phase Analysed by  $^1\text{H}$  NMR Kinetics and Relaxation, *Carbohydrate Polymers*. 169(2017)117-126.
- Yulianti dan Ginting. 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan *Plasticizer*, *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2(31):131-136.