

Karakterisasi *Edible film* dari Karagenan, Lilin Lebah dan Asam Sitrat

Q. Yasmin¹, B Meindrawan^{1*}, Vega Yoesepa Pamela²

¹Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara, Jakarta, 11480

²Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, 42124

*Email: bayu.meindrawan@binus.ac.id

Tanggal submit: 14 Desember 2020; Tanggal penerimaan: 14 Desember 2020

ABSTRAK

Edible film dikenal sebagai salah satu bahan pengemas yang ramah lingkungan. Karagenan merupakan polisakarida yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku *edible film* karena kemampuannya dalam membentuk gel namun tidak tahan terhadap uap air. Lilin lebah yang bersifat hidrofobik dapat memperbaiki sifat hidrofilik karagenan. Selain itu, asam sitrat juga dapat ditambahkan sebagai agen *cross-linking* untuk meningkatkan performa sifat mekanis dari *edible film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan lilin lebah dan asam sitrat pada *edible film* berbahan baku karagenan. Preparasi larutan *edible film* dilakukan dengan metode *casting*. Sebanyak 6 formulasi yaitu K, KAS0.25, KAS0.50, KL, KLAS0.25, dan KLAS0.50 diuji warna, laju transmisi uap air, kuat tarik serta elongasi. Hasil penelitian menunjukkan penambahan lilin lebah dan asam sitrat menghasilkan *film* yang lebih keruh dan kasar serta berwarna keabu-abuan. Selain itu, penambahan lilin lebah dan asam sitrat 0.50% secara signifikan memperbaiki sifat kuat tarik, elongasi, dan menurunkan laju transmisi uap air pada *film* berbasis karagenan. Pada penelitian ini KLAS0.50 muncul sebagai *edible film* terbaik dari semua formulasi.

Kata kunci: Lilin lebah; Karagenan; Asam sitrat; *Edible film*

ABSTRACT

Edible film is known as one of the environmentally friendly packaging materials. Carrageenan is a polysaccharide that potentially to be used as raw material for edible film because of its ability to form a gel however it is not resistant to moisture. Beeswax which is a hydrophobic materials can improve the hydrophilic properties of carrageenan. In addition, citric acid can also be added as a cross-linking agent to improve the mechanical properties of the edible film. This study aims to determine the effect of beeswax and citric acid addition on the characteristics of edible films made from carrageenan. Edible film solution was prepared by using casting method. A total of 6 formulations, namely K, KAS0.25, KAS0.50, KL, KLAS0.25, and KLAS0.50 were tested for color, water vapor transmission rate, tensile strength and elongation. The results showed that the addition of beeswax and citric acid produced a film with cloudy and coarse surface, as well as grayish color. The addition of beeswax and 0.50% citric acid significantly improved the tensile strength, elongation properties, and decreased the water vapor transmission rate of the carrageenan-based film. In this study KLAS0.50 emerged as the best edible film of all formulations.

Keywords: Beeswax; Carrageenan; Citric acid, *Edible film*

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu karagenan (86.5% berukuran 60 mesh) dari produsen CV. Mitra Jaya 889, lilin lebah produsen Mettamilk dengan kemurnian 100%. Asam sitrat, Gliserol, Span 60, Tween 60, *parafilm*, *silica gel* dan KCl merupakan laboratory grade dari Sigma Aldrich.

Alat

Alat-alat yang digunakan yaitu *hotplate* (Thermo Scientific, USA), oven (Memmert UF/260. Jerman), neraca analitik (Ohaus PA114, USA), *Portable colorimeter* (NH310 3nh, China), *magnetic stirrer*, termometer, statif dan klem, cawan petri, mikropipet, botol sampel 20 cc, desikator, dan gelas beaker. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis antara lain *texture analyzer* (Shimadzu EZ/SX 20N Japan).

Pembuatan Emulsi Lilin Lebah

Pembuatan emulsi lilin lebah yang dilakukan mengacu pada metode Ramnanan-Singh (2012). Langkah pertama yaitu, 20.3 g lilin lebah ditimbang dan dilelehkan menggunakan *hot plate* pada suhu 70°C. Langkah kedua, 10.9 g span 60 disiapkan dan 29.8 g tween 60 dipanaskan pada suhu 70°C. Lalu, kedua pengemulsi tersebut ditambahkan kedalam lilin lebah yang sudah dilelehkan. Langkah ketiga, 140 ml akuades ditambahkan sedikit demi sedikit pada campuran lilin lebah dan homogenisasi campuran selama 15 menit dan emulsi yang terbentuk dipindahkan kedalam botol duran.

Pembuatan Campuran *Edible film*

Pembuatan *edible film* yang dilakukan mengacu pada kombinasi dan modifikasi metode Meindrawan *et al.*, (2016) dan Adiningsih *et al.*, (2018). Langkah pertama yaitu 100 ml akuades dipanaskan pada *hot plate* hingga suhu 50°C, lalu ditambahkan 0.8 g karagenan sedikit demi sedikit dan hingga suhu 60°C. Langkah kedua, 3% emulsi lilin lebah (v/v larutan) dan 0.5 ml gliserol dicampurkan kedalam larutan hingga suhu mencapai 70°C. Langkah ketiga, asam sitrat 0.25% (b/b karagenan) dan/atau 0.50% (b/b karagenan) dimasukkan kedalam larutan hingga suhu 80°C, dipertahankan selama 5 menit dan larutan pelapis yang terbentuk didiamkan hingga ±30°C. Langkah kelima, sebanyak 35 ml larutan pelapis dituang kedalam cawan petri dan dimasukkan kedalam oven suhu 50°C selama 17 jam. Langkah terakhir, *film* yang terbentuk diangkat dari cawan petri lalu, dibungkus

dengan aluminium foil dan disimpan didalam desikator selama 24 jam untuk prekondisi sebelum dilakukan uji selanjutnya. Sebanyak 6 formulasi dihasilkan sesuai dengan Gambar 1.

Analisis Penampakan *Edible film*

Penampakan *edible film* diamati dengan metode observasi secara langsung. Indikator untuk menentukan morfologi permukaan pada sampel *edible film* dari masing-masing formula berdasarkan tekstur melalui indera peraba dan penglihatan manusia.

Analisis Warna *Edible film*

Warna permukaan *edible film* diukur menurut metode Bourtoom *et al.*, (2006) dengan menggunakan instrumen *Portable colorimeter* (NH310 3nh, China) dengan latar pengukuran yaitu plat standar putih dengan metode warna CIE Lab dan Hutchings (1999). Sampel *edible film* dari masing-masing formula yang sudah terbentuk diukur dengan parameter warna Hunter L*, a*, b*, dan dilakukan pengulangan triplo untuk setiap pengukuran dari 5 titik yang berbeda-beda pada *film*.

Analisis Laju Transmisi Uap Air *Edible film*

Analisis pertama yaitu laju transmisi uap air dengan menggunakan metode metode gravimetri menurut metode ASTM E96 (2005). Langkah pertama yang dilakukan yaitu *edible film* dipotong membentuk lingkaran dengan diameter (2.7 cm) sesuai dengan botol sampel dan direkatkan menggunakan *parafilm* pada botol sampel yang sudah berisi ±1 g silika gel. Lalu, botol sampel ditimbang (jam ke-0) dan dimasukkan kedalam desikator yang telah diisi oleh larutan KCl jenuh pada suhu ruang 26°C. Kemudian, timbang kembali botol sampel setiap 2 jam sekali selama 8 jam dan nilai yang dihasilkan didapatkan dari hasil pengujian sebanyak triplo. Nilai laju transmisi uap air (WVTR) dapat dihitung dengan rumus:

$$WVTR = \frac{g}{A \cdot t}$$

g = Perubahan massa
A = Luas area *film* (m²)
t = Lama waktu pengujian

Analisis Uji Kuat Tarik dan Elongasi *Edible film*

Analisis kedua yang dilakukan yaitu sifat mekanis *edible film* dengan menurut metode ASTM D882 (2009) dengan

menggunakan instrumen *texture analyzer* Shimadzu EZ/SX 20N Japan. Langkah pertama yaitu *edible film* dipotong berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang dan lebar yaitu 5x3 cm, lalu didapatkan nilai kuat tarik serta elongasi untuk masing-masing formulasi dan uji tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Prosedur Pemilihan Formulasi Terbaik

Prosedur pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan metode De Garmo, Sullivan, dan Canada (1984). Berikut langkah-langkahnya:

1. Parameter formulasi dikelompokkan
2. Bobot 0-1 diberikan untuk setiap parameter dari masing-masing formulasi
3. Perhitungan nilai efektivitas (NE),

$$NE = \frac{Np - Ntj}{Ntb - Ntj}$$

NE	= Nilai Efektivitas
Np	= Nilai perlakuan
Ntb	= Nilai terbaik
Ntj	= Nilai terjelek

Parameter dengan nilai rata-rata semakin baik maka nilai tertinggi sebagai nilai terbaik dan nilai terendah sebagai nilai terjelek dan begitu pula sebaliknya

4. Perhitungan Nilai Hasil (NH) yang diperoleh dari perkalian Nilai Efektivitas (NE) dengan bobot nilai
5. Nilai NH dari semua parameter masing-masing formulasi dijumlahkan dan nilai NH tertinggi merupakan perlakuan terbaik.

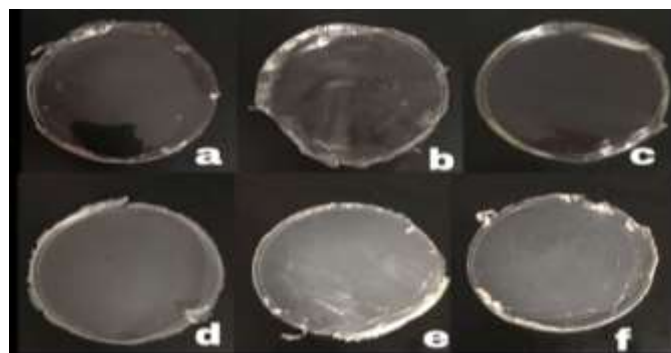
Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian yaitu analisa data Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data diolah menggunakan uji statistika dengan analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menggunakan *software* SPSS 25 dan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk setiap formulasi dan data analisa disajikan dalam bentuk grafik diagram pencar, batang, dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampakan *Edible film*

Hasil *edible film* formulasi K menghasilkan *film* dengan permukaan yang halus dan homogen, sedangkan penambahan lilin lebah (KL) menghasilkan *film* dengan permukaan yang lebih keruh dan tidak homogen. Menurut Muscat *et al.*, (2013), penambahan lilin lebah kedalam *edible film* berbahan dasar pati tinggi amilosa dapat mempengaruhi permukaan *edible film* menjadi kasar karena saat dikeringkan terjadi koalesensi butiran lemak. Salah satu penyebab terjadinya koalesensi karena proses pemanasan. Penambahan asam sitrat pada Gambar 2 (b) dan 2 (c) menghasilkan penampakan *film* yang halus dan transparan. Secara fisik, asam sitrat berbentuk serbuk kristal berwarna putih dan mudah larut dalam air. Gambar 2 (e) dan 2 (f) inkorporasi lilin lebah dan asam sitrat menghasilkan *film* dengan permukaan keruh, kasar, terdapat butiran-butiran kecil yang tersebar pada permukaan *film*, namun tidak sekeruh dan sekasar formulasi KL (Gambar 2 (d)).



Gambar 2. Penampakan *Edible film*
Keterangan: a (K), b (KAS0.25), c (KAS0.50), d (KL), e (KLAS0.25), f (KLAS0.5)

Warna Edible film

Tabel 1 menunjukkan terdapat perbedaan secara signifikan penambahan lilin lebah dan asam sitrat ($p < 0.05$). Selain itu, identifikasi perbedaan warna *chroma* menunjukkan penambahan asam sitrat mengalami penurunan intensitas kecerahan secara signifikan dibandingkan dengan (KLAS0.25), hal tersebut diduga terjadi karena *film* yang dihasilkan tidak homogen sehingga hasil yang didapatkan terjadi peningkatan. Penambahan lilin lebah dan asam sitrat (KLAS0.25 dan KLAS0.50) terjadi penurunan pada tingkat *Lightness* (L^*) secara signifikan namun nilai a dan nilai b tidak berbeda signifikan dan nilai *chroma* menurun

formulasi K. Asam sitrat yang berbentuk serbuk kristal berwarna putih yang ditambahkan diduga menjadikan warna *film* transparan. Goldberg dan Williams (2003) menyatakan, adanya penambahan bahan lain dalam *edible film* akan menurunkan kecerahan karena adanya padatan yang terlarut semakin meningkat. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan didapatkan adanya terjadi peningkatan nilai L dibandingkan dengan formulasi K. Menurut Monedero *et al.*, (2009), adanya komponen lemak pada lilin lebah mampu meningkatkan kekeruhan *film* yang dihasilkan. Formulasi (KL) yang memberikan efek signifikan pada tingkat kecerahan (L), nilai a dan b dibandingkan dengan tanpa lilin lebah (K).

Tabel 1. Analisis Komponen Warna (L^* , a^* , b^*)

Formulasi	L^*	a^*	b^*
K	94.48±0.01 ^e	0.73±0.07 ^d	0.18±0.16 ^a
KAS 0.25	94.56±0.02 ^e	0.40±0.01 ^a	0.21±0.02 ^a
KAS 0.5	94.03±0.05 ^d	0.55±0.02 ^b	1.06±0.00 ^b
KL	93.44±0.10 ^c	0.67±0.03 ^c	2.34±0.05 ^c
KLAS 0.25	92.45±0.02 ^b	0.79±0.01 ^e	3.70±0.06 ^d
KLAS 0.5	92.22±0.01 ^a	0.78±0.01 ^{de}	3.76±0.01 ^d

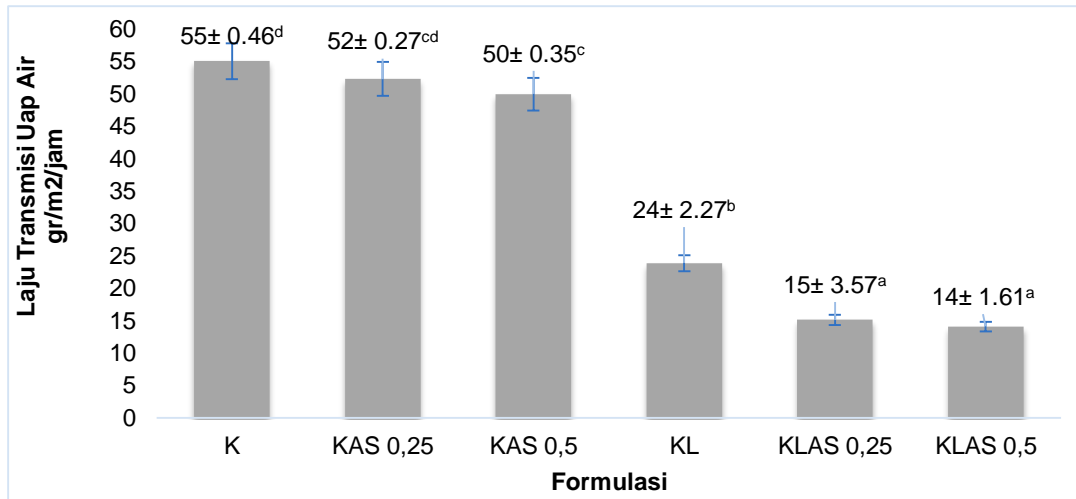
* Huruf *superscript* pada setiap data formulasi yang berbeda menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$)

Laju Transmisi Uap Air (Water Vapor Transmission Rate / WVTR)

Penambahan lilin lebah sangat efektif dalam menahan laju uap air karena tersusun atas alkana rantai panjang dan ester alkohol (Kristo *et al.*, 2007). Selanjutnya, formulasi KAS0.25 dan KAS0.50 tidak berbeda nyata ($p > 0.05$) dibandingkan dengan formulasi K walaupun terjadi penurunan nilai WVTR. Pada penelitian yang dilakukan, peningkatan konsentrasi asam sitrat menghasilkan nilai WVTR yang tidak signifikan karena konsentrasi asam sitrat yang digunakan terlalu rendah. Hasil pengukuran WVTR dari formulasi KLAS0.25 dan KLAS0.50 tidak berpengaruh secara nyata ($p > 0.05$). Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa penambahan lilin lebah cenderung membuat nilai WVTR semakin rendah. Lilin lebah diketahui memiliki kandungan ester dari lemak alkohol dan asam lemak serta senyawa alkana yang rantai

panjangnya tinggi mampu menahan permeabilitas uap air (Klangmuang dan Sothornvit, 2016).

Hubungan antara nilai WVTR dan sifat mekanis (nilai kuat tarik dan elongasi) dianalisis dengan uji korelasi Pearson. Rahmawati *et al.*, (2019) melaporkan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* pada *edible film* berbasis karagenan menghasilkan nilai WVTR yang berkorelasi positif dengan nilai kuat tarik, namun berkorelasi negatif dengan elongasinya. Hasil yang serupa didapatkan pada penelitian ini yaitu adanya korelasi hubungan yang positif kuat antara nilai WVTR dengan kuat tarik *film*. Laloan (2019) melaporkan nilai elongasi berkorelasi negatif dengan WVTR *edible film* dari glukomanan, nanopartikel ZnO dan lilin lebah. Penelitian yang dilakukan Sarah (2019) melaporkan hal yang berbeda, dimana WVTR berkorelasi negatif dengan kuat tarik dan elongasi dari *edible film*.



Gambar 3 . Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air *Edible film*

*Huruf *superscript* yang berbeda data formulasi yang berbeda menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$)

Tabel 2. Nilai Korelasi WVTR dengan Sifat Mekanis (Kuat tarik dan Elongasi) *Edible film*

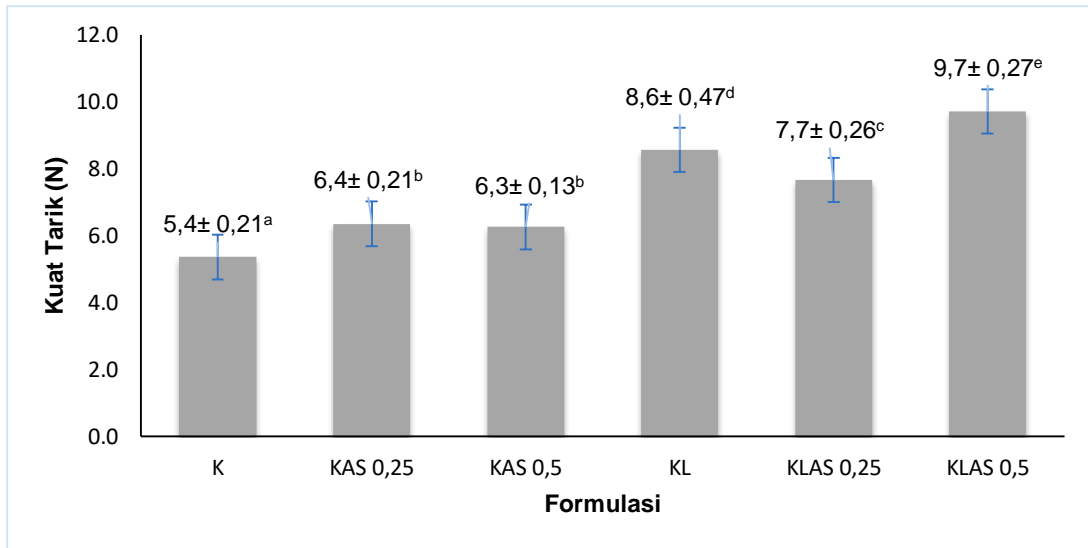
Formulasi	WVTR vs Kuat tarik	WVTR vs Elongasi	Referensi
Karagenan dan Sorbitol	R = +0.957	R = -0.958	Rahmawati <i>et al</i> , 2019
Glukomanan, Nanopartikel ZnO, dan lilin lebah	-	R = -0.697	Laloan, 2019
Glukomanan, Nanopartikel ZnO, dan asam stearat	R = -0.801	R = -0.626	Sarah, 2019
Karagenan, lilin lebah, dan asam sitrat	R = -0.902	R = -0.999	Penelitian yang dilakukan

Kuat Tarik dan Elongasi

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa hasil formulasi K berbeda signifikan dengan formulasi yang ditambahkan asam sitrat dan lilin lebah yaitu KL, KLAS0.25, dan KLAS0.50 ($p < 0.05$). Kekuatan tarik meningkat karena dipengaruhi oleh adanya lilin lebah yang bersifat hidrofobik kuat. Namun, *plasticizer* juga mampu memberikan efek pemlastis sehingga elongasi *film* meningkat. Selanjutnya, nilai kuat tarik formulasi KAS0.25 dan KAS0.50 tidak berbeda secara signifikan ($p > 0.05$) dibandingkan dengan formulasi K. Shi dan Gunasekaran (2008) menyatakan penggunaan konsentrasi $< 10\%$ (w/w) asam sitrat berfungsi sebagai *cross-linking agent*, yaitu adanya gugus baru (gugus ester) yang berikatan

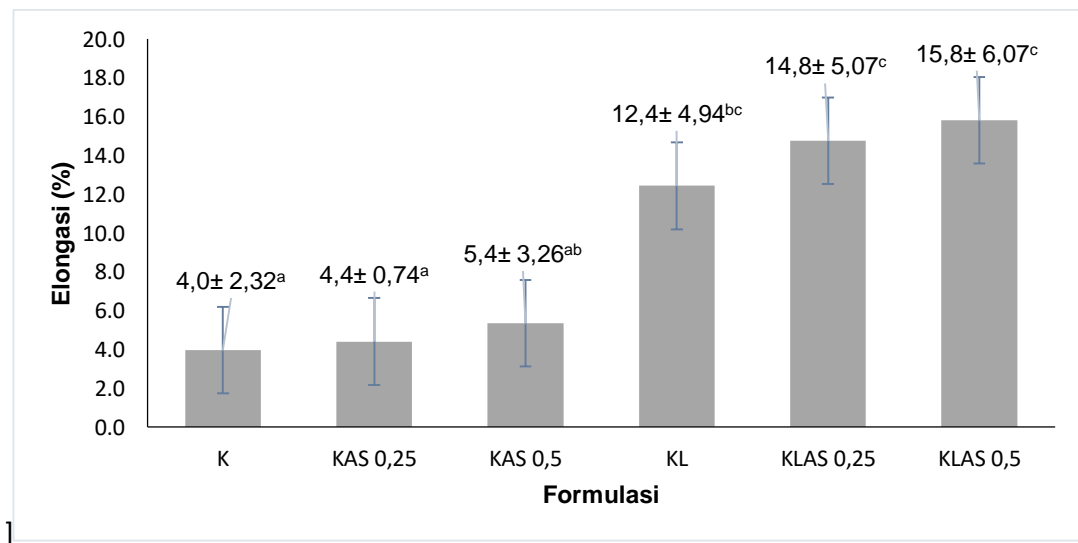
dengan gugus hidroksil pada pati sehingga adanya kekompakan molekul polimer. Hasil dari formulasi KLAS0.25 dan KLAS0.50 berbeda secara signifikan dibandingkan dengan formulasi KL ($p < 0.05$). Inkorporasi lilin lebah dan asam sitrat terjadi peningkatan nilai kuat tarik dan elongasi pada *film* yang dihasilkan.

Parameter untuk sifat mekanis dianalisis uji korelasi Pearson. Tabel 5. Hasil korelasi Pearson pada penelitian Rahmawati *et al.*, (2019) menunjukkan hubungan korelasi negatif kuat ($R = -0.9365$). Laloan (2019) berkorelasi positif ($R = +0.703$). Lebih jauh lagi, Sarah (2019) berkorelasi positif ($R = +0.987$). Penelitian Ofe (2019) melaporkan korelasi positif antara kedua sifat mekanis ($R = 0.9253$). Penelitian yang dilakukan menghasilkan hubungan berkorelasi positif kuat ($R = +0.911$).



Gambar 4. Hasil Uji Kuat Tarik *Edible film*

* Huruf *superscript* yang berbeda pada setiap data formulasi yang berbeda menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$)



Gambar 5. Hasil Uji Elongasi *Edible film*

* Huruf *superscript* yang berbeda pada setiap data formulasi yang berbeda menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$)

Pemilihan Formulasi Terbaik

Parameter yang digunakan untuk pemilihan perlakuan terbaik yaitu warna, laju

transmisi uap air, kuat tarik dan elongasi. Tabel 7. Menunjukkan perlakuan formulasi terbaik yaitu formulasi KLAS0.50 dengan nilai hasil tertinggi (2,4615).

Tabel 3. Nilai Korelasi Sifat Mekanis (Kuat tarik dan Elongasi) *Edible film*

Formulasi	Kuat Tarik vs Elongasi	Referensi
Karagenan dan Sorbitol	R = -0,937	Rahmawati <i>et al.</i> , 2019
Glukomanan, nanopartikel ZnO, dan lilin lebah	R = +0,703	Laloan, 2019
Glukomanan, nanopartikel ZnO, dan asam stearat	R = +0,987	Sarah, 2019
Glukomanan, kitosan, dan lilin lebah	R = +0,9253	Ofe, 2019
Karagenan, lilin lebah, dan asam sitrat	R = +0,9111	Penelitian yang dilakukan

Tabel 4. Nilai Hasil untuk Perlakuan Formulasi Terbaik

Formulasi	Nilai Hasil (NH)
K	0.676
KAS0.25	0.948
KAS0.50	0.898
KL	2.188
KLAS0.25	2.129
KLAS0.50	2462

KESIMPULAN

Edible film berbasis karagenan, lilin lebah, dan asam sitrat menghasilkan penampakan *film* dengan permukaan keruh dan kasar, warna kecerahan *film* semakin gelap dan berwarna abu-abu. Penambahan lilin lebah dan asam sitrat pada *edible film* berbasis karagenan dapat menurunkan laju transmisi uap air dan memperbaiki sifat mekanisnya (kuat tarik dan elongasi). Hasil penelitian menunjukkan *edible film* dari karagenan dengan penambahan lilin lebah dan asam sitrat 0.5% merupakan formulasi terbaik dari ke 6 formulasi karena menurunkan laju transmisi uap air dengan rata-rata yang dihasilkan yaitu 14.10 gr/m²/jam, nilai kuat tarik 9.7 N, dan nilai elongasi 15.8%. *Edible film* berpotensi digunakan sebagai pelapis buah dan sayuran segar untuk memperpanjang masa simpan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Universitas Bina Nusantara yang memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, Y., & Priatni, A. (2018). Karakteristik *edible film* berbasis karagenan dan stearin sawit sebagai kemasan pangan. *J. Ris. Teknol. Ind.*, 12(2), 99-106.
- ASTM. (2005). *Standard test method for water vapour transmission of materials (E96- 05)*. Philadelphia, PA, USA.
- ASTM. (2009). *Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-09)*. Philadelphia, PA, USA.
- Bourtoom, T., Chinnan, M. S., Jantawat, P., & Sanguandeeikul, R. (2006). Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble fish proteins in surimi wash-water. *LWT-Food Science and Technology*, 39(4), 406-419.
- De Garmo, E.P.W.G. Sullivan dan J.R. Canada. (1984). *Engineering Economy The*

- 7th Edition. New York: Macmillan Publishing Comp.
- Garcia, N.L., L. Ribbon, A. Dufresne, M. Aranguren, and S. Goyanes. (2011). *Effect of glycerol on the morphology of nanocomposites made from thermoplastic starch and starch nanocrystals*. Carbohydr. Polym. 84(1): 203–210.
- Goldberg, D and Williams, P. 1988. A user's guide to the general health questionnaire. Windsor. UK: NFER Nelson. Published online 2003
- Hutching JB. 1999. Food Color and Appearance. Marylan: Aspen publisher Inc.
- Klangmuang, P., & Sothornvit, R. (2016). Combination of beeswax and nanoclay on barriers, sorption isotherm and mechanical properties of hydroxypropyl methylcellulose-based composite films. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 222-227.
- Kristo E, Biliaderis CG, Zampraka A. (2007). Water vapor barrier and tensile properties of composite caseinate-pullulan films: biopolymer composition effects and impact of beeswax lamination. *Food Chem*. 101(2):753-764.
- Laloan, LE. (2019). *Pembuatan pelapis edible dari glukomanan, nanopartikel ZnO, dan beeswax serta aplikasinya pada buah salak pondoh terolah minimal*. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Meindrawan, B. (2016). *Aplikasi pelapisan mangga (Mangifera indica L) dengan bionanokomposit dari karagenan, beeswax, dan nanopartikel ZnO*. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Muscat D, Adhikari R, McKnight S, Guo Q, Adhikari B. (2013). The physicochemical characteristics and hydrophobicity of high amylose starch-glycerol films in the presence of three natural waxes. *J. Food Eng*. 119(2): 205-219.
- Ofe. (2019). *Pembuatan pelapis edible dari glukomanan, kitosan, dan beeswax serta aplikasinya pada buah salak pondoh terolah minimal*. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Olivato, J, B, Grossmann, M, V, E, Bilck, A, P, Yamashita, F. (2012). Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films. Carbohydr. Polym. 90(1):159-164
- Pavlath, A. E., & Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how?. In *Edible films and coatings for food applications* (pp. 1-23). Springer, New York, NY.
- Rahmawati, M., Arief, M., & Satyantini, W. H. (2019). The Effect of Sorbitol Addition on the Characteristic of Carrageenan Edible Film. *Earth and Environmental Sciences*, 236, 1-8.
- Ramnanan-Singh R. (2012). Formulation and thermophysical analysis of a beeswax microemulsion and the experimental calculation of its heat transfer coefficient [Thesis]. New York (US): University of New York.
- Sarah, S. C. (2019). *Pembuatan pelapis edible dari glukomanan, nanopartikel ZnO, dan asam stearate serta aplikasinya pada buah salak pondoh terolah minimal*. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Shi L, Gunasekaran S. (2008). Preparation of pectin-ZnO nanocomposite. *Nanoscale Res Lett*. 3: 491 – 495
- Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F, Aguilera JM. (2010). Food Hydrocolloid: *Edible films and Coatings*. Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile.