

# Characterization of Seaweed Caragenan *Eucheuma cottonii* and its Application as *Edible coating*

(Karakterisasi Karagenan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dan Aplikasinya Sebagai *Edible coating*)

Supriwanti, Warsidah<sup>\*</sup>, Dwi Imam Prayitno

Jurusan Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

## ABSTRACT

Seaweed *E. cottonii* is carrageenophytes or carrageenan-producing plant. Carrageenan has a functions stabilizer, thickener and gel former, so it can be used as *edible coating* that can maintain fish quality. Tuna has nutritional content per 100 grams such protein around 25-26.2%; water 69.40%; fat 1.50%; and carbohydrates 0.03%. Tuna filets quickly decompose if proper handling is not carried out, it is necessary to apply *edible coating* because this *edible coating* can protect the product from air contamination and can prevent microbial growth. This study aims to determine the effect of extraction time characteristics of carrageenan and the appropriate concentration of carrageenan for *edible coating* tuna file. The extraction process was carried out by heating dried seaweed samples with 8% KOH solution for 1 hour, 2 hours and 3 hours at a temperature of 50°C. The best characteristics of carrageenan resulted from 2 hours of extraction time with 40% yield, 14.95% water content, 63 dPas viscosity and 12.396 ppm sulfate content. The best carrageenan was applied as *edible coating* on tuna filets with 3 concentrations, namely 1.5%, 2% and 2.5%, each of which was added with 2 mL of glycerol. Based on the Total Plate Count (TPC), it was found that a carrageenan concentration of 2.5% could prevent bacterial growth in the sample as indicated by the TPC number obtained at  $2.7 \times 10^6$ , which was lower than the control, which was  $1.7 \times 10^7$ .

Rumput laut *E. cottonii* adalah carrageenophytes atau tumbuhan penghasil karagenan. Karagenan berfungsi sebagai *stabilizer*, pengental dan pembentuk gel, sehingga dapat dijadikan sebagai *edible coating* yang dapat mempertahankan kualitas ikan. Ikan tongkol memiliki kandungan gizi per 100 gram seperti protein sekitar 25-26,2%; air 69,40%; lemak 1,50%; dan karbohidrat 0,03%. Filet ikan tongkol cepat mengalami pembusukkan jika tidak dilakukan penanganan yang tepat maka perlu dilakukan pengaplikasian *edible coating* karena *edible coating* ini dapat melindungi produk dari kontaminasi udara dan dapat mencegah pertumbuhan mikroba. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh waktu ekstraksi terhadap karakteristik karagenan dan konsentrasi karagenan yang tepat untuk *edible coating* file. Proses ekstraksi dilakukan dengan pemanasan rumput laut kering dengan larutan KOH 8% selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam pada suhu 50°C. Karakteristik karagenan terbaik pada waktu ekstraksi 2 jam dengan rendemen sebesar 40%, kadar air 14,95%, viskositas 63 dPas dan kadar sulfat 12,396 ppm. Karagenan terbaik diaplikasikan sebagai *edible coating* pada filet ikan tongkol dengan 3 konsentrasi yaitu 1,5%, 2% dan 2,5% yang masing-masing ditambahkan dengan gliserol sebanyak 2 mL. Berdasarkan uji *Total Plate Count* (TPC) didapatkan konsentrasi karagenan 2,5% dapat mencegah pertumbuhan bakteri pada sampel yang ditunjukkan dengan angka TPC yang didapatkan sebesar  $2,7 \times 10^6$  lebih rendah dibandingkan control yaitu  $1,7 \times 10^7$ .

**Keywords:** Caragenan, *E. cottonii*, *Edible coating*, *Euthynnus affinis*.

<sup>\*</sup>Corresponding author:  
Warsidah  
E-mail: warsidah@fmipa.untan.ac.id

## PENDAHULUAN

Rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah jenis alga merah yang dibudidayakan oleh petani di Pulau Lemukutan [1]. Rumput laut jenis ini dibudidayakan karena dapat meningkatkan pendapatan masyarakat pesisir [2], selain itu rumput laut jenis ini juga tahan

terhadap penyakit serta memiliki banyak talus sehingga pertumbuhannya lebih cepat [1]. Kandungan karagenan yang terdapat pada rumput laut ini sekitar 61,52%, dimana karagenan merupakan hidrokoloid yang memiliki kemampuan untuk melindungi produk olahan perikanan terhadap oksidasi, karbondioksida, lipid dan mikroba [3].

Penelitian terdahulu melaporkan bahwa penggunaan *edible coating* berbasis karagenan dan gliserol ini dapat mempertahankan mutu ikan kembung dan ikan layang [4] dan [5]. Penambahan gliserol ini memberikan efek elatisitas terhadap pembentukan matriks polimer yang dapat mempengaruhi sifat fisik dari lapisan [6]. *Edible coating* merupakan bahan penyalut atau pengemas makanan yang dapat dimakan secara langsung [7]. Selain itu *edible coating* ini dapat melindungi produk dari kontaminasi udara dan dapat mencegah pertumbuhan mikroba [8].

Ikan tongkol salah satu jenis ikan yang digemari karena memiliki kandungan protein yang hampir sama dengan ikan tuna, tetapi dengan harga yang lebih terjangkau [9]. Pada umumnya masyarakat membeli ikan tongkol tidak dalam keadaan yang utuh karena ukurannya yang besar sehingga ikan di potong-potong atau dijadikan filet agar sesuai dengan kemauan konsumen. Kecenderungan konsumen dalam membeli ikan tongkol dalam bentuk filet atau potongan tersebut menyebabkan perlunya dilakukan pengolahan ikan secara tepat untuk menjamin kesegaran ikan, salah satu cara penanganannya yaitu dengan teknologi *edible coating*. Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan produksi karagenan menggunakan teknik pemanasan berdasarkan variasi waktu dan aplikasinya sebagai *edible coating* pada filet ikan tongkol.

## METODE PENELITIAN

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah ekstraksi dan karakterisasi karagenan. Setelah mendapatkan hasil karagenan terbaik kemudian dilakukan aplikasi *edible coating* pada filet ikan tongkol dengan konsentrasi yang berbeda.

### Ekstraksi dan Karakterisasi Karagenan

Ekstraksi karagenan didasarkan pada metode [10] dimana rumput laut kering ditimbang 25 g dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL kemudian larutan KOH 8% ditambahkan sebanyak 250 mL. Setelah itu dilakukan proses pemanasan pada suhu 50°C dengan waktu masing-masing 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Setelah itu hasil yang didapatkan disaring dan dicuci bersih hingga pH-nya normal, kemudian karagenan dikeringkan pada suhu 60°C selama 12 jam. Setelah

karagenan dihaluskan dilanjutkan dengan tahap karakterisasi.

### Rendemen

Rendemen karagenan kasar dihitung berdasarkan masa karagenan yang dihasilkan dibandingkan dengan masa rumput laut yang kering. Perhitungan rendemen menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rendemen}(\%) = \frac{\text{Massa karagenan (g)}}{\text{Massa rumput laut kering (g)}} \times 100\% \dots\dots (1)$$

### Kadar air

Pengujian dilakukan mengkondisikan oven pada suhu yang akan digunakan sehingga mencapai kondisi stabil yaitu 170°C. Kemudian cawan porselin kosong dimasukkan ke dalam oven bersuhu 170°C selama 2 jam, selanjutnya dipindahkan ke dalam desikator selama 30 menit dan selanjutnya cawan poselin kosong ditimbang ( $A_s$ ). Sampel karagenan yang telah dihaluskan ditimbang  $\pm 2$  g dimasukkan ke dalam cawan ( $B_s$ ) dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 16-24 jam. Selanjutnya cawan dipindahkan ke dalam desikator selama  $\pm 30$  menit kemudian ditimbang ( $C_s$ ). Perhitungan kadar air sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air}(\%) = \frac{B_s - C_s}{B_s - A_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

### Kadar sulfat

Sebanyak 1 g karagenan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer ditambahkan 50 ml HCl 0,2 N kemudian direfluks sampai mendidih selama 6 jam sampai larutan jernih. Setelah itu larutan dipindahkan ke dalam gelas kimia dan dipanaskan hingga mendidih. Selanjutnya ditambahkan 10 mL larutan BaCl<sub>2</sub> 10% dan kemudian dipanaskan selama 2 jam.

Endapan yang terbentuk kemudian disaring dengan kertas saring bebas berabu dan dicuci dengan air suling mendidih hingga bebas klorida. Kertas saring dikeringkan di dalam oven, kemudian diabukan pada suhu 1000°C sampai diperoleh abu berwarna putih. Abu kemudian didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. perhitungan kadar sulfat sebagai berikut [11].

$$\text{Kadar Sulfat}(\%) = \frac{(p \times 0,4116)}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

P = Berat endapan barium sulfat (g)  
0, 4116 = Massa atom SO<sub>4</sub> dibagi dengan massa atom relative BaSO<sub>4</sub>

### Viskositas

Analisis viskositas dilakukan dengan membuat larutan karagenan 1,5%, kemudian dipanaskan dalam penangas air sambil diaduk secara teratur sampai suhu 75°C. Pengukuran viskositas menggunakan viscotester VT-06 bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Viscotester VT-06

### Pembuatan *Edible coating* dan Aplikasinya

Penentuan konsentrasi karagenan yang digunakan mengacu pada penelitian yang dilakukan Arifin dkk. [5] dan Mursida [4] berdasarkan hasil perlakuan terbaik dimana tepung karagenan yang digunakan yaitu 1,5% = F1, 2% = F2 dan 2,5% = F3. Kemudian masing-masing konsentrasi dilarutkan dengan 100 mL dan ditambahkan gliserol sebanyak 2 mL setelah itu dipanaskan sampai suhu 90°C selama 10 menit sambil diaduk.

Pengaplikasian filet ikan tongkol dimana filet ikan tongkol dicelupkan kedalam larutan *edible coating* sampai terendam seluruhnya selama 1 menit dan diulang sebanyak 1 kali. Filet ikan tongkol ditiriskan. Dilakukan pengamatan sampel ikan tongkol yang telah di beri lapisan karagenan pada hari ke-0 dan 2 di suhu ruang untuk dilakukan pengamatan mutu filet ikan tongkol.

### Uji *Total Plate Count* (TPC)

Sampel filet ikan tongkol secara aseptik ditimbang 10 g kemudian di masukan dalam tabung erlenmeyer steril, kemudian ditambahkan larutan pengencer yaitu

NaCl fisiologis sebanyak 9 mL, setelah itu dilakukan pengenceran sampai 10<sup>-6</sup>. Ambil dengan pipet sebanyak 1 mL pada pengenceran 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>, 10<sup>-4</sup>, 10<sup>-5</sup> dan 10<sup>-6</sup>, kemudian dimasukkan kedalam masing-masing cawan petri. Media PCA lalu dituangkan ke dalam cawan petri, selanjutnya cawan petri digoyangkan membentuk angka 8 supaya sampel menyebar dan merata setelah itu didiamkan hingga beku. Cawan petri lalu diinkubasi secara terbalik didalam inkubator dengan suhu 35°C. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0 dan ke-2 pada suhu ruang.

$$N = \frac{\sum c}{[(1 \times n_1) + (0,1 \times n_2)] \times (d)} \dots\dots\dots (4)$$

N = jumlah koloni per mL, atau per g

∑ c = jumlah koloni pada semua cawan yang dihitung

n<sub>1</sub> = jumlah cawan pada pengenceran pertama yang dihitung

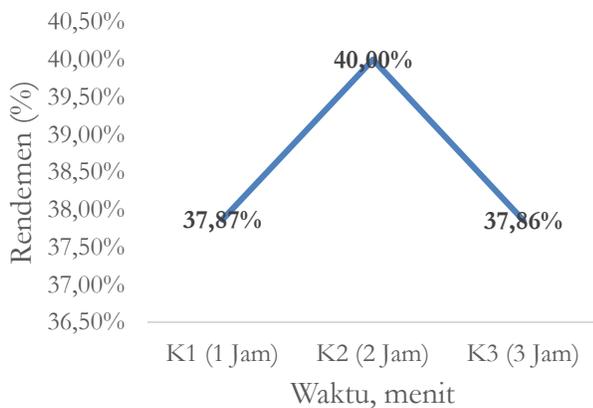
n<sub>2</sub> = jumlah cawan pada pengenceran kedua yang dihitung

d = pengenceran pertama yang dihitung

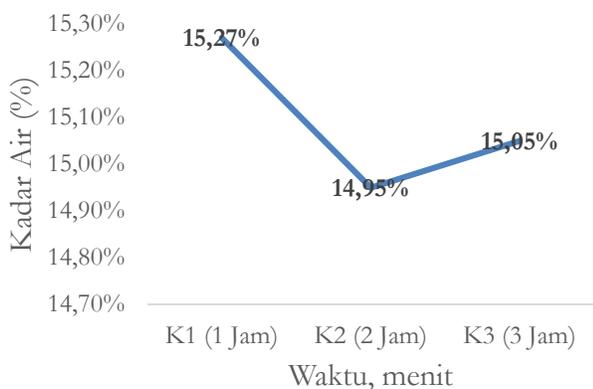
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen

Rendemen merupakan parameter penting dalam menentukan efektif atau tidaknya proses ekstraksi karagenan berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian rendemen yang telah dilakukan pada ketiga variasi waktu yang berbeda didapatkan rendemen karagenan berkisar antara 37,86 - 40,00% bisa dilihat pada Gambar 2 yang menyatakan sumbu x sebagai waktu ekstraksi. Hasil yang didapatkan lebih besar dari penelitian yang telah dilakukan Tunggul dan Hendrawati, [12] nilai rendemennya yaitu 28,80%. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, standar persyaratan rendemen karagenan berdasarkan Food and Agriculture Organization (FAO). [13] yaitu 25%. Penggunaan larutan kalium hidroksida ini, dapat menghasilkan rendemen yang tinggi karena kation K<sup>+</sup> dari kalium hidroksida akan bersenyawa dengan polimer karagenan dan membentuk kappa karagenan sehingga memberikan tambahan berat pada rendemen yang dihasilkan. Larutan kalium hidroksida dapat memecah dinding sel rumput laut sehingga membantu dalam proses ekstraksi karagenan [14].



Gambar 2. Hubungan rendemen dan waktu



Gambar 3. Hubungan kadar air dan waktu

Menurut Hidayah, dkk [14] semakin lama waktu ekstraksi, rendemen karagenan yang didapatkan semakin besar. Akan tetapi jika waktu ekstraksi terlalu lama dapat mengakibatkan struktur karagenan menjadi rusak karena semakin lama rumput laut berinteraksi dengan panas dan larutan pengekstrak sehingga terjadi penurunan rendemen. Umur panen juga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai rendemen karagenan karena senyawa polisakarida yang terdapat di dalamnya berbeda di setiap umur panennya [15].

### Kadar Air

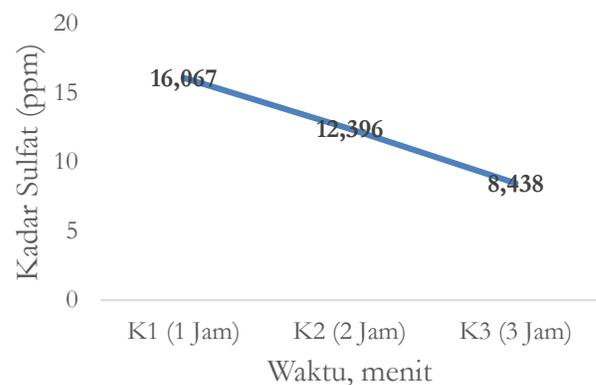
Pengujian kadar air ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan air dalam karagenan. Kadar air pada karagenan dapat memicu adanya aktivitas mikrobiologis yang dapat mempengaruhi lama penyimpanan karagenan. Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang telah dilakukan dari 3 lama waktu ekstraksi didapatkan nilai kadar air berkisar antara 14,95% - 15,27% bisa dilihat pada Gambar 3 yang

menyatakan sumbu x yaitu waktu ekstraksi. Kadar air yang dihasilkan dari penelitian ini masih belum memenuhi spesifikasi mutu karagenan yang ditetapkan FAO. [13] yaitu maksimal 12% maka perlu melakukan penambahan waktu pengeringan karagenan agar bisa mencapai standar FAO.

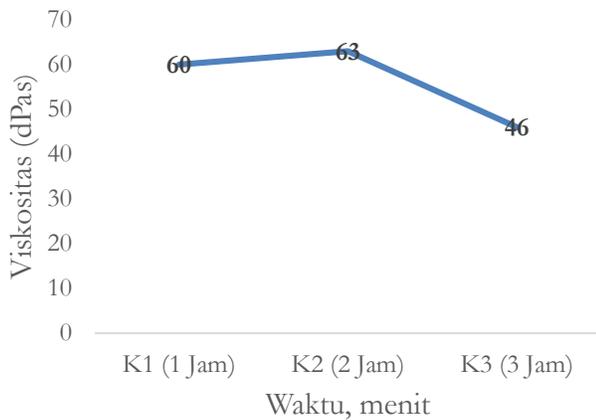
Dari gambar diatas menunjukan bahwa lama waktu ekstraksi dapat mempengaruhi nilai kadar air yang terdapat dalam karagenan. Menurut Desiana dkk. [16] dan Gerung dkk. [17] kadar air dipengaruhi oleh waktu ekstraksi, dimana semakin lama waktu ekstraksi akan membuat kadar air berkurang yang disebabkan semakin tingginya kemampuan alkali dalam mengekstrak rumput laut dan menghambat terjadinya peningkatan air dalam molekul rumput laut sehingga kadar air menjadi berkurang. Umur panen rumput laut juga dapat mempengaruhi nilai kadar air dimana bertambahnya umur panen rumput laut menyebabkan kandungan air meningkat. Hal tersebut dikarenakan semakin tua umur panen jumlah air yang diserap oleh rumput laut semakin banyak [18].

### Kadar Sulfat

Kadar sulfat dalam karagenan menentukan kualitas karagenan dalam membentuk gel, semakin banyak kandungan sulfat semakin rendah daya gelasinya. Berdasarkan hasil pengujian kadar sulfat yang telah dilakukan dari tiga variasi lama waktu ekstraksi didapatkan nilai kadar sulfat berkisar antara 8,438 - 16,067 ppm bisa dilihat pada Gambar 4 yang menyatakan nilai x yaitu waktu ekstraksi. Hasil kadar sulfat yaitu 8,438 - 16,067 ppm dimana jika dikonversikan ke persen menjadi 0,0008438 - 0,0016867% maka nilai kadar sulfat ini masih belum memenuhi spesifikasi mutu karagenan berdasarkan FAO. [13] yaitu 15 - 40%.



Gambar 4. Hubungan kadar sulfat dan waktu



Gambar 5. Hubungan viskositas dan waktu

Lama waktu ekstraksi dapat mempengaruhi penurunan kadar sulfat, semakin lama waktu ekstraksi karagenan dengan penambahan KOH maka kadar sulfat dalam karagenan yang dihasilkan mengalami penurunan [19]. Hal ini diduga karena proses eliminasi kadar sulfat lebih sempurna sehingga semua sulfat terlepas [20].

### Viskositas

Viskositas adalah salah satu parameter untuk mengetahui tingkat kekentalan karagenan yang diperlukan untuk diterapkan di industri pangan. Berdasarkan hasil pengujian viskositas karagenan yang telah dilakukan dari tiga variasi waktu yang berbeda didapatkan nilai viskositas berkisar antara 46 - 63 dPas bisa dilihat pada Gambar 5, sumbu x itu menunjukkan waktu ekstraksi. Hasil uji viskositas yaitu 46 - 63 dPas jika dikonversikan ke cP menjadi 4600 - 6300 cP, dimana nilai viskositas yang dihasilkan sudah memenuhi standar mutu karagenan yang telah ditetapkan oleh FAO. [13] yaitu minimal 5 cP. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi karagenan dilakukan maka viskositas yang didapatkan akan semakin rendah. Keberadaan garam-garam yang terlarut dalam karagenan akan menurunkan muatan sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan antara gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan viskositas larutan menurun. Viskositas larutan karagenan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karagenan [21].

### Hasil uji *Total Plate Count* (TPC)

Pengujian *Total Plate Count* dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri yang terdapat pada sampel berdasarkan konsentrasi karagenan yang digunakan untuk melihat pertumbuhan mikroba pada sampel filet ikan tongkol yang telah dilapisi *edible coating* selama 2 hari pada penyimpanan suhu ruang. Berdasarkan table 1 dapat diketahui bahwa jumlah mikroba pada penyimpanan suhu ruang disaat awal penyimpanan jumlah bakteri yang didapatkan yaitu  $2,2 \times 10^4$  -  $8 \times 10^4$  koloni/g, sedangkan pada penyimpanan 2 hari didapatkan jumlah bakteri sekitar  $5,3 \times 10^6$  -  $3,4 \times 10^7$  koloni/g dimana jumlah bakteri tertinggi didapatkan pada sampel yang tidak diberi lapisan *edible coating* karena lebih cepat mengalami pertumbuhan bakteri. Hasil penelitian Naufal [22] didapatkan nilai TPC  $4,5 \times 10^6$  -  $6,0 \times 10^6$  pada pengaplikasian *edible coating* ikan nila pada hari 2 penyimpanan suhu ruang.

Jumlah mikroba meningkat seiring dengan bertambahnya lama waktu penyimpanan karena disebabkan adanya kontaminasi dari lingkungan. Filet ikan tongkol yang diberi perlakuan karagenan dengan konsentrasi karagenan 2,5% menunjukkan bahwa laju pertumbuhan bakteri dapat dihambat dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi karagenan lain. Filet ikan tongkol tanpa perlakuan memiliki laju pertumbuhan bakteri paling cepat. Perbedaan laju pertumbuhan bakteri ini disebabkan karena adanya perbedaan jumlah bakteri yang terkandung pada masing-masing perlakuan [23]. Pengaplikasian *edible coating* dengan konsentrasi karagenan 2,5% dapat memperlambat pertumbuhan bakteri dibanding dengan konsentrasi lain karena lapisan *edible coating* pada konsentrasi karagenan 2,5% lebih tebal sehingga dapat mencegah sampel berinteraksi dengan lingkungan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah mikroba pada sampel yaitu pada saat pengolahan filet ikan yang kurang cepat, tempat pengolahan dan alat yang digunakan kurang bersih serta alat-alat yang digunakan berulang kali tanpa dicuci [24].

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan 3 variasi waktu ekstraksi, didapatkan nilai karagenan terbaik pada ekstraksi 2 jam yang hampir mendekati spesifikasi mutu karagenan yang telah

ditetapkan FAO dan *Food Chemicals Codex* (FCC) dengan nilai rendemen sekitar 40%, kadar air 14,95%, viskositas 63 dPas dan kadar sulfat 12,39 ppm. Mutu karagenan terbaik diaplikasikan sebagai *edible coating* pada filet ikan tongkol dengan konsentrasi karagenan 1,5%, 2% dan 2,5% untuk melihat kemampuan karagenan dalam mempertahankan kesegaran filet ikan tongkol pada suhu ruang selama 2 hari. Berdasarkan uji TPC didapatkan konsentrasi karagenan 2,5% dapat mencegah pertumbuhan bakteri yang ditunjukkan oleh angka TPC yang didapatkan lebih kecil dari filet ikan tongkol tanpa lapisan *edible*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Cokrowati, N. Diniarti, D. N. Setyowati, S. Waspodo, and M. Marzuki, "Eksplorasi dan penangkapan bibit rumput laut (*Eucheuma cottonii*) di Perairan Teluk Ekas Lombok Timur," *J. Biol. Trop.*, vol. 19, no. 1, pp. 51-53, 2019.
- [2] Haris, "Teknik produksi anggur laut (*Caulerpa racemosa*)," *Prosiding Simposium Nasional Hasil Riset Kelautan dan Perikanan*, 2008.
- [3] G. Supeni, "Pengaruh formulasi edible film dari karagenan terhadap sifat mekanik dan barrier," *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 34, no. 2, p. 282, 2012.
- [4] Mursida, "Penggunaan lapisan edible dari karagenan sebagai bahan pengawet ikan segar," *J. Galung Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 77-84, 2013.
- [5] N. dan S. Arifin, S.N.; Sari, "Edible Coating," *Postharvest Technol. - Recent Adv. New Perspect. Appl.*, pp. 1-8, 2022.
- [6] V. Maran, J. P. Sivakumar, V. Sridhar, R. and Immanuel, "Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films," *Ind. Crops Prod.*, vol. 42, 2013.
- [7] M. A. Kenawi, M. M. A. Zaghlul, and R. R. Abdel-Salam, "Effect of two natural antioxidants in combination with edible packaging on stability of low fat beef product stored under frozen condition," *Biotechnol. Anim. Husb.*, vol. 27, no. 3, pp. 345-356, 2011.
- [8] L. Lasmi, N. Nuraenah, and A. Nofreeana, "Potensi edible coating gelatin dengan penambahan quarcetin terhadap pembentukan histamin pada daging ikan tongkol selama penyimpanan," *Manfish J.*, vol. 1, no. 03, pp. 152-160, 2021.
- [9] M. S. Milo, L. M. Ekawati, Purwijantiningsih, and F. S. Pranata, "Mutu ikan tongkol (*Euthynnus affinis* C.) di Kabupaten Gunung Kidul dan Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta," *Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, pp. 1-13, 2011.
- [10] M. Rizal, M. Mappiratu, and A. R. Razak, "Optimalisasi produksi Semi Refined Caragenan (SRC) dari rumput laut (*Eucheuma cottonii*)," *Kovalen*, vol. 2, no. 1, pp. 33-38, 2016.
- [11] F. Crop, "Carrageenan, Marine colloid monograph number one," *National Academy Press*, New Jersey, 1997.
- [12] W. W. I. Tunggal and T. Y. Hendrawati, "Pengaruh konsentrasi koh pada ekstraksi rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dalam Pembuatan Karagenan," *J. Konversi*, vol. 4, no. 1, pp. 32-39, 2015.
- [13] F. J. M. 4., "Compendium of Food Additive Specification. Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives," 2007
- [14] R. Hidayah, Harlia, Gusrizal, and A. Sapar, "Optimasi konsentrasi kalium hidroksida pada ekstraksi karagenan dari alga merah (*Kappaphycus*)," *Jkk*, vol. 2, no. 2, pp. 78-83, 2013.
- [15] A. N. Asikin and I. Kusumaningrum, "Karakteristik fisikokimia karagenan berdasarkan umur panen yang berbeda dari perairan Bontang, Kalimantan Timur," *Jphpi*, vol. 22, no. 1, pp. 136-142, 2019.
- [16] Desiana and Hendrawati, "Pembuatan karagenan dari eucheuma cottonii dengan ekstraksi KOH menggunakan variabel waktu ekstraksi," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* November, pp. 1-7, 2015.
- [17] M. S. Gerung *et al.*, "Pengaruh konsentrasi pelarut dan lama ekstraksi pada produksi karagenan," *Media Teknol. Has. Perikan.*, vol. 7, no. 1, p. 25, 2019.
- [18] M. R. Wenno, "Karakteristik fisiko kimia karagenan dari eucheuma cottonii pada berbagai bagian thalus, berat bibit dan umur panen," Institut Pertanian Bogor, 2009.
- [19] A. Jaya, N. K. Sumarni, and Rihady Ahmad, "Ekstraksi dan karakterisasi karagenan kasar rumput laut *Eucheuma cottonii*," *KOVALEN*, vol. 5, no. 2, pp. 146-154, 2019.
- [20] S. Distantina, Fadilah, Rochmadi, M. Fahrurrozi, and Wiratni, "Proses ekstraksi karagenan dari *Eucheuma cottonii*," *Semin. Rekayasa Kim. dan Proses*, pp. 4-5, 2010.
- [21] A. Husan, Metusalach, and Fachrul, "Fisika kimia karagenan kappaphycus alvarezii hasil ekstraksi menggunakan Natrium Hidroksida (NAOH) dan Penjendal Isopropil Alkohol (IPA) dan Etanol," *J. Rumput Laut Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 132-142, 2016.
- [22] G. Naufal, "Kajian edible coating berbahan dasar tepung karagenan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*)," 2019, pp. 1-62. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/44539/>
- [23] D. Puspitasari, Pratiwi, "Uji efektivitas ekstrak daun mangrove rhizophora mucronata sebagai pengawet alami pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dan Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)," Islam Negeri Sunan Ampel, 2020.

- [24] M. N. Sitakar, Nurliana, F. Jamin, M. Abrar, H. Z. Manaf, and Sugito, "Pengaruh suhu pemeliharaan masa simpan daging ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada penyimpanan suhu -20 derajat celcius terhadap jumlah total bakteri," *J. Med. Vet.*, vol. 1, no. 2, pp. 162-165, 2016.