

**APLIKASI SMART LABEL KARAGENAN-KITOSAN TERIMOBILISASI
EKSTRAK DAUN ANDONG MERAH (*Cordyline fruticosa*) UNTUK
MEMONITORING KESEGRAN DAGING SAPI**

***SMART LABEL APPLICATION OF IMMOBILISED CARRAGENAN-
CHITOSANE EXTRACTS OF RED ANDONG LEAVES (*Cordyline fruticosa*)
FOR MONITORING BEEF FRESHNESS***

QURNIA AINI¹, DHONY HERMANTO², MURNIATI³

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Indonesia
Jl. Majapahit no.62, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat 83126

Email: qurniaaini30@gmail.com, dhony.hermanto@gmail.com

Abstrak. Daging sapi merupakan bahan pangan yang bernilai gizi tinggi namun mudah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas mikroba, ditandai dengan meningkatnya nilai pH. Penelitian mengenai aplikasi *smart* label karagenan-kitosan terimobilisasi ekstrak daun andong merah (*Cordyline fruticosa*) untuk memonitoring kesegaran daging sapi telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik daun andong merah, membran sebelum dan sesudah terimobilisasi, dan *smart* label dapat diaplikasi untuk mendeteksi kesegaran daging sapi. Interaksi ekstrak dengan membran dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan UV-Vis. Karakteristik membran yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu nilai uji *swelling* sebesar 102 % dengan ketebalan 0,65 mm. Karakteristik *smart* label menggunakan program *imageJ* untuk menentukan nilai RGB, sebagai analisis kuantitatif berdasarkan pada hubungan intensitas warna yang diukur dengan perubahan pH. Hasil nilai *mean* RGB *smart* label sebelum dan sesudah diaplikasikan pada daging sapi yaitu menurun secara signifikan seiring dengan kenaikan pH dan perubahan pola warna selaras dengan stabilitas warna trayek pH ekstrak daun andong merah, yaitu berwarna kuning pudar (pH 5-6), dan hijau (pH 7-8). Hasil pengamatan daging sapi tidak segar mengalami perubahan warna menjadi merah kecoklatan, berbau amis, dan tekstur berlendir. Perubahan mutu daging sapi ditandai dengan kadar TVBN yang dikeluarkan pada suhu ruang sebesar 0,034 % N dan pada suhu *chiller* 0,022 % N.

Kata kunci: *Smart* label, Karagenan-Kitosan, *Cordyline fruticosa*, Daging sapi, RGB, Spektrofotometer FTIR, dan Spektrofotometer UV-Vis

Abstract. Beef is a food that has high nutritional value but is easily damaged by microbial activity, marked by an increase in the pH value. Research on the application of carrageenan-chitosan immobilized carrageenan-chitosan leaf extract (*Cordyline fruticosa*) to monitor beef freshness has been carried out. This study aims to determine the characteristics of red andong leaves, membranes before and after immobilization, and smart labels that can be applied to detect beef freshness. The interaction between the extract and the membrane was characterized using an FTIR and UV-Vis spectrophotometer. The characteristics of the membrane produced in this study were a swelling test value of 102 % with a thickness of 0,65 mm. Characteristics of red andong leaves and smart labels before and after application to beef using the *imageJ* program to determine RGB values, as a quantitative analysis based on the relationship between color intensity as measured by changes in pH. The results of the mean RGB smart label value before and after being applied to beef decreased significantly with increasing pH and the color pattern changes in line with the color stability of the pH route of the red andong leaf extract, which is faded yellow (pH 5-6), and green (pH 7-8). The results of observations of non-fresh beef experienced a change in color to brownish red, smelled fishy, and had a slimy texture. Changes in the quality of beef at room TVBN value of 0,034 % N and At chiller temperature TVB-N value of 0,022 % N.

Key words: *Smart* label, Carrageenan-Chitosan, *Cordyline fruticosa*, Beef, RGB, FTIR and UV-Vis Spectrophotometer

PENDAHULUAN

Kebutuhan konsumsi daging sapi cenderung terus meningkat sejalan dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya protein hewani. Nusa Tenggara Barat memproduksi 10.202,83 ton pada tahun 2019 dan meningkat mencapai 13.489,27 ton pada tahun 2021 (BPS, 2021). Kesegaran daging sapi tidak serta merta dapat dilihat secara organoleptik, terutama pada daging sapi yang sudah mengalami penurunan mutu, namun secara visual tidak terjadi perubahan organoleptik. Kandungan dalam daging sapi seperti protein, asam amino, lemak, dan air (*perishable food*) menjadi penyebab bagi pertumbuhan bakteri, sehingga daging mentah bersifat mudah rusak dan memiliki keterbatasan umur simpan. Kerusakan daging sapi umumnya ditandai dengan adanya perubahan pH, bau, dan terbentuknya komponen volatil yang mudah menguap atau umumnya disebut total volatil base nitrogen (TVB-N) seperti gas amonia yang disebabkan oleh aktivitas bakteri pada daging (Wu dan Bechtel, 2008). Sehingga dibutuhkan indikator yang dapat mendeteksi mutu kesegaran daging sapi secara *real time*.

Peningkatan nilai pH pada daging sapi dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kesegarannya menggunakan indikator kolorimetri. Penggunaan indikator kolorimetri dengan menunjukkan perubahan warna berbasis pH berfungsi untuk menentukan metabolit mikroba pada kesegaran produk pangan. Indikator zat warna alami dapat digunakan sebagai alternatif indikator pH yang dinilai lebih aman, tidak toksik, dan ekonomis (Zhang, dkk., 2014). Zat warna alami dapat diperoleh dari ekstrak tumbuhan yang mengandung antosianin. Ekstrak yang mengandung antosianin dapat mengalami perubahan warna pada suasana asam maupun basa, sehingga dianggap mampu untuk dijadikan indikator perubahan pH dalam pembuatan sensor (Vargas, 2013). Salah satu tumbuhan yang mengandung antosianin tinggi yaitu daun andong merah (*Cordyline fruticosa*). Kadar antosianin daun andong merah sebesar $109,72 \pm 0,63$ mg/L (Nguyen dan Vo, 2022).

Penggunaan indikator kolorimetri membutuhkan membran untuk diimobilisasi sebagai media reaksi antara reagen dan analit pada pembuatan *smart label*. *Smart label* dirancang untuk memantau kondisi bahan pangan, yang dilengkapi dengan membran sebagai matriks dan indikator untuk memberikan informasi rinci tentang keadaan kualitas mutu produk (Riyanto, dkk., 2014).

Komponen utama penyusun membran sebagai media reaksi pembuatan *smart* label yaitu lipid (asam lemak dan lilin), hidrokoloid (polisakarida dan protein) dan komposit keduanya (hidrokoloid dan lipid) (Wardhani, 2010). Beberapa polimer alami yang dapat digunakan untuk pembuatan membran yaitu pati, alginat, selulosa, pektin, karagenan, kitosan, dan lain-lain (Dhanapal, dkk., 2012).

Karagenan pada bidang pangan, diaplikasikan sebagai pengemulsi, pembentuk gel, pengental, pensuspensi, stabilisator, pelapis, dan membran film (Skurtys, dkk., 2010). Penggunaan membran karagenan bersifat hidrofilik (mudah menyerap air), sehingga laju perpindahan uap air cenderung mengalami penurunan (Togas, dkk., 2017). Alternatif untuk mengurangi sifat hidrofiliknya perlu dimodifikasi dengan polimer lain yang bersifat hidrofobik seperti membran kitosan. Kitosan mempunyai gugus hidroksil (-OH) dengan muatan negatif dan gugus amina (-NH₂) dengan muatan positif sehingga kitosan mampu berikatan ionik dengan kuat. Keberadaan gugus hidroksil dengan muatan negatif menyebabkan kitosan bersifat hidrofobik, sehingga mampu menahan laju perpindahan uap air pada membran (Anward, dkk., 2013). Membran karagenan-kitosan memiliki sifat mekanik yang baik, hal tersebut diperkuat oleh penelitian Ismillayli, dkk. (2021), menyebutkan bahwa polimer dari membran karagenan-kitosan yang terbentuk memiliki sifat yang lebih baik dari polimer aslinya dalam hal kekuatan tarik, perpanjangan, elastisitas, adsorpsi, dan ketahanan terhadap air.

Berdasarkan uraian diatas, dilakukan penelitian tentang aplikasi *smart* label karagenan-kitosan terimobilisasi ekstrak daun andong merah (*Cordyline fruticosa*) untuk memonitoring kesegaran daging sapi. Tujuannya untuk mengetahui karakteristik *smart* label dan aplikasinya terhadap kesegaran daging sapi.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Lanjut, Laboratorium Analitik, dan Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralat yang digunakan yaitu, peralatan gelas, timbangan analitik, pisau, gunting, pinset, blender, kuvet, cawan petri, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR, pH meter, indikator pH stik, Sentrifugasi, magnetik Stirer, plat akrilik, mortal dan alu, kamera iphone (1080 pixel), box foto, dan *program imageJ*. Bahan yang digunakan yaitu, kitosan komersil, kappa karagenan komersil, daun andong merah (*Cordyline fruticosa*), daging sapi, kertas saring, aluminium foil, *styrofoam*, plastik *wrapping*, asam klorida (HCl) 37 % dan 0,02 N, asam asetat (CH₃COOH) 2 %, asam borat (H₃BO₃) 2 %, asam sitrat (C₆H₈O₇), aquades (H₂O), amoniak (NH₃), natrium hidroksida (NaOH) 10 %, asam *trichloroasetat* (TCA) 7 %, indikator metil merah (C₁₅H₁₅N₃O), indikator *brom cresol green* (C₂₁H₁₄Br₄O₅S), kalium karbonat (K₂CO₃) jenuh, dan disodium hidrogen fosfat (Na₂HPO₄ · 12H₂O), daging sapi.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu dimulai dengan ekstraksi daun andong merah dilakukan dengan metode maserasi berdasarkan prosedur Chandrasekhar, dkk . (2012) yang telah di modifikasi. Daun andong merah dihaluskan dan ditimbang sebanyak 50 g. Maserasi dilakukan selama 1 x 24 jam menggunakan pelarut H₂O : HCl 37% (99% : 1 mL). Ekstrak yang diperoleh disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Ekstrak ditambahkan dengan buffer asam sitrat-fosfat pH (2-8), kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan program *imageJ* untuk menentukan nilai *mean* RGB.

Pembuatan membran karagenan-kitosan dengan rasio molar (1:1) dibuat merujuk pada metode Carneiro, dkk. (2013) yang telah dimodifikasi. Hidrosol kitosan dibuat dengan melarutkan sekitar 1 g kitosan dengan 25 mL asam asetat 2 %, sedangkan hidrosol karagenan dibuat dengan melarutkan 1 g karagenan dengan 25 mL aquades di bawah kondisi pengadukan magnetik stirrer hingga homogen dan diamkan selama 24 jam. Penambahan hidrosol karagenan ke dalam hidrosol kitosan di bawah kondisi pengadukan magnetik stirrer. Setelah homogen, ditambahkan NaOH 10 % hingga mencapai pH 5. Membran dicetak dan dikeringkan ± 3 hari. Membran dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan uji fisik (*swelling* dan ketebalan).

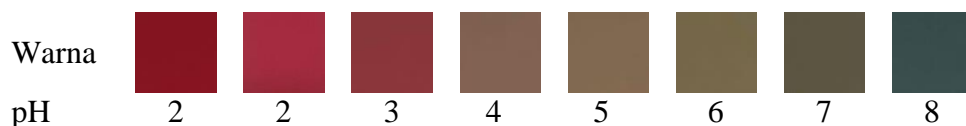
Imobilisasi ekstrak daun andong merah pada membran karagenan-kitosan menggunakan teknik adsorpsi. Membran terimobilisasi ekstrak diuji dengan larutan *buffer* asam sitrat-fosfat pH (2-8) dan didiamkan hingga berubah warna. Dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR, UV-Vis dan program *imageJ* untuk menentukan nilai *mean* RGB.

Uji sensitivitas ammonia dilakukan dengan mencelupkan membran karagenan-kitosan pada series amonia. Sebelumnya dibuat larutan induk amoniak 1000 ppm dalam volume 100 mL dengan melarutkan 4,40 mL NH₃ dan diencerkan hingga tanda batas. Selanjutnya dibuat larutan standar 100 ppm dengan mengencerkan 10 mL larutan induk hingga tanda batas. Dari larutan standar, series amonia dibuat dengan melarutkannya menjadi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm.

Aplikasi *smart* label pada daging dilakukan terlebih dahulu dengan cara daging sapi dipotong dadu dengan ukuran \pm sama setiap potongan. Masing-masing daging sapi disimpan pada suhu *chiller* (1, 3, 5, 7, dan, 15 hari) dan suhu ruang (1, 3, 5, 7, dan, 24 jam). *Smart* Label ditempelkan pada daging sapi setelah masa penyimpanan dengan interval penempelan 5 menit, kemudian dikarakterisasi menggunakan *imageJ* pada masing-masing waktu tersebut dan diukur nilai pH, susut bobot, organoleptic, serta uji TVBN daging sapinya.

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian ekstrak daun andong merah dengan larutan *buffer* sitrat-fosfat pada rentang pH 2-8 dilakukan untuk mengetahui sensitivitas ekstrak daun andong merah terhadap perubahan warna seiring meningkatnya nilai pH dari ekstrak yang akan digunakan sebagai indikator pada *smart* label. Perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 1 Perubahan warna ekstrak pada pH *buffer* sitrat-fosfat

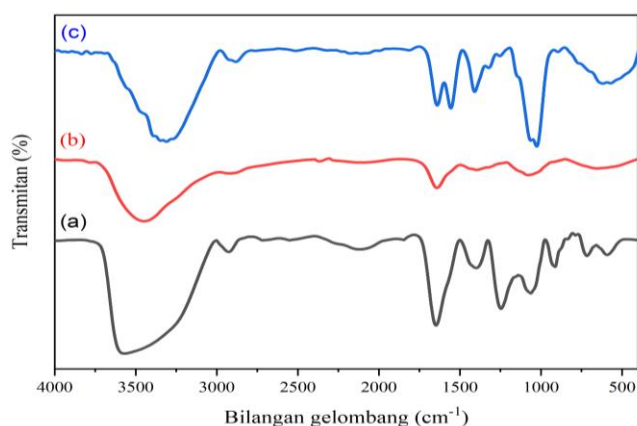
Ekstrak daun andong merah memiliki variasi warna yang cenderung berubah seiring dengan kenaikan pH dari asam ke basa. Perubahan warna pada pH yang berbeda ini memungkinkan untuk diaplikasikan sebagai indikator pH dalam pembuatan *smart* label. Ekstrak yang mengandung pigmen antosianin dapat

mengalami transformasi secara *reversibel* sebab pengaruh pH yang mengakibatkan perubahan terhadap warnanya, sehingga deteksi perubahan warna dapat dijadikan petunjuk nilai pH disekitarnya. Ekstrak daun andong merah pada pH 2 berwarna merah cerah dan memudar hingga pH 4, pada pH 5-6 berwarna kuning muda pudar dan pada pH 7-8 berwarna hijau-kebiruan. Panjang gelombang hasil uji ekstrak daun andong merah menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang pH 2-8 sebesar 518 nm-519 nm. Berdasarkan hasil penelitian adanya hubungan antara nilai pH dengan nilai *mean* RGB. Pada pH 2-5 nilai *mean* RGB meningkat secara signifikan artinya adanya perubahan warna menuju warna cerah, dan pada pH 6-8 nilai *mean* RGB menurun secara signifikan artinya adanya perubahan warna menuju warna gelap.

Membran karagenan-kitosan disintesis dari pengadukan kitosan dalam asam asetat 2 % dan karagenan dalam aquades. Kitosan pada suasana asam akan membentuk polikation yaitu gugus amina pada kitosan akan menerima (H^+) yang dilepas oleh asam asetat, sehingga amina menjadi bermuatan positif (NH_3^+). Sedangkan karagenan dalam kondisi netral akan membentuk polianion yang menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik. Membran karagenan-kitosan terbentuk pada pH 5 karena gugus amina pada kitosan terprotonasi, sedangkan gugus karagenan berupa ion sulfonat. Tabel 1 Uji karakteristik membran karagenan-kitosan.

Parameter	Hasil uji
Uji <i>swelling</i>	102.9 %
Uji ketebalan	0,065 mm

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa membran karagenan-kitosan memiliki *swelling* sebesar 102,9 %. Perkembangan membran karagenan-kitosan yang disebabkan oleh karagenan yang bersifat hidrofilik dalam membran, sehingga selektifitasnya dalam air tinggi. Interaksi *self-electrostatic* yang menginduksi pembentukan karagenan-kitosan sehingga dapat meningkatkan hidrofobisitas membran. Uji ketebalan membran karagenan-kitosan memiliki rata-rata sebesar 0,065 mm. Ukuran tersebut sesuai dengan pernyataan dari Wenten, dkk. (2010) ukuran ketebalan membran berkisar 0,01 - 0,15 mm. Berikut spektrum FTIR dari membran Karagenan-kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.5.

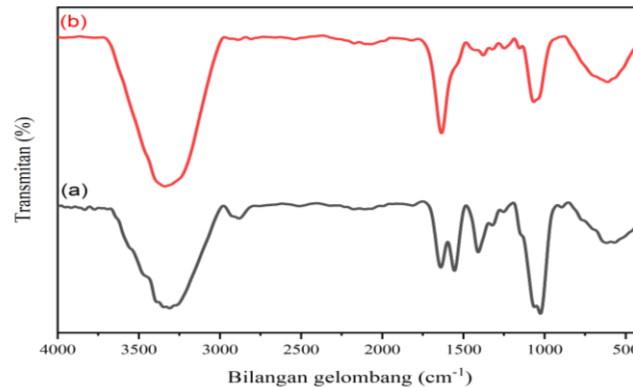


Gambar 2 Spektrum FTIR (a) Karagenan (b) Kitosan (c) Karagenan-Kitosan

Berdasarkan hasil penelitian spektrum FTIR pada kitosan menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang $3435,48 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya vibrasi ikatan O-H yang tumpang tindih dengan ikatan N-H yang merupakan getaran simetri amina, puncak 1652 cm^{-1} menunjukkan kelompok amida pada kitosan, puncak 1632 cm^{-1} menunjukkan serapan ikatan N-H tekuk, $2928,42 \text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan C-H alifatik, serta puncak $1152,26 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya vibrasi ikatan glikosidik (C-O-C). Hasil tersebut diperkuat oleh penelitian yang melaporkan gugus fungsi kitosan dicirikan dengan adanya gugus hidroksil (O-H) dan gugus amina ($-\text{NH}_2$) (Drabczyk, dkk., 2020). Spektrum FTIR pada karagenan menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang $3436,01 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya vibrasi ikatan regang O-H, gugus sulfat muncul pada serapan bilangan gelombang $1232,2$, 933 , dan 851 cm^{-1} . Serapan bilangan gelombang tersebut sesuai dengan penelitian Rabelo, dkk. (2019) yang melaporkan gugus fungsi yang dimiliki karagenan ditandai dengan adanya gugus sulfat pada puncak $1259,43$, $929,27$, dan $844,17 \text{ cm}^{-1}$. Spektrum FTIR pada membran karagenan-kitosan yang terbentuk menunjukkan pergeseran serapan kelompok amida kitosan pada bilangan gelombang 1650 cm^{-1} , adanya puncak pada gugus sulfat dalam karagenan pada $1232,2 \text{ cm}^{-1}$ digeser menjadi 1248 cm^{-1} . Munculnya puncak serapan yang baru pada $1554,28 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya ion $^+\text{NH}_3$. Hal tersebut menunjukkan gugus amina terprotonasi dan berinteraksi dengan gugus sulfat karagenan. Hasil tersebut serupa dengan penelitian Ismillayli, dkk. (2021) menyatakan adanya interaksi antara gugus amina dan gugus sulfat dalam pembentukan kompleks polielektrolit kitosan-karagenan

ditandai dengan munculnya puncak amina terprotonasi, pergeseran puncak amida kitosan, dan penurunan intensitas puncak sulfat.

Membran karagenan-kitosan terimobilisasi ekstrak dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi. Metode adsorpsi dengan teknik *dropping* dipilih karena ekstrak lebih mudah menyerap pada membran dan terjadi pengikatan yang lebih cepat. Membran karagenan-kitosan yang terimobilisasi ekstrak daun andong merah inilah yang kemudian dijadikan sebagai *smart label*. Karakterisasi *smart label* dianalisa dengan spektrum FTIR, UV-Vis, dan program imagej. Berikut spektrum FTIR dari membran Karagenan-kitosan terimobilisasi ekstrak daun andong merah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Spektrum FTIR (a) Membran sebelum imobilisasi (b) Membran sesudah imobilisasi

Berdasarkan hasil penelitian dari analisis Spektrum FTIR, membran sebelum dan sesudah terimobilisasi ekstrak memiliki kemiripan serapan bilangan gelombang. Adanya interaksi antara membran karagenan-kitosan yang diimobilisasikan dengan ekstrak daun andong, yaitu gugus N-H pada membran berikatan dengan gugus -OH pada ekstrak daun andong merah, sehingga pada spektrum membran terimobilisasi ekstrak hanya muncul serapan gugus C=O pada 1650 cm⁻¹. Pada pembentukan membran terimobilisasi ekstrak ini, tidak ada puncak serapan baru yang muncul, hal tersebut kemungkinan terjadi interaksi van der Waals atau interaksi fisik antara membran karagenan-kitosan yang diimobilisasi dengan ekstrak daun andong merah. Hal tersebut dikarenakan menggunakan metode imobilisasi adsorpsi, yang mengakibatkan ikatan yang terjadi lemah.

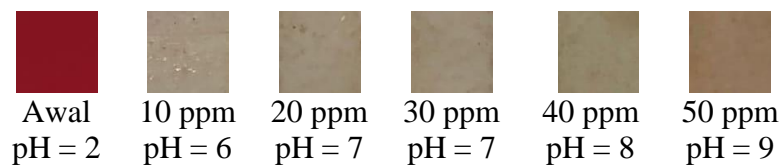
Pengujian *smart* label dengan larutan *buffer* sitrat-fosfat pada rentang pH 2-8 untuk mengetahui kepekaan warna *smart* label terhadap variasi nilai pH dan membandingkan perubahan warna dari *smart* label dengan ekstrak daun andong merah. Perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4 Perubahan warna *smart* label pada pH *buffer* sitrat-fosfat

Membran karagenan-kitosan terimobilisasi ekstrak andong merah memiliki pola warna yang sama dengan ekstrak daun andong merah yaitu mengalami perubahan seiring dengan kenaikan pH dari suasana asam ke basa. Perubahan warna pada pH yang berbeda ini memungkinkan membran karagenan-kitosan sebagai reagen pembawa ekstrak untuk diaplikasikan sebagai *smart* label untuk memonitoring kesegaran daging sapi. Panjang gelombang membran terimobilisasi ekstrak pada pH 2-8 sebesar 521-591 nm yang mengindikasikan terjadinya pergeseran batokromik. Hubungan antara *mean* RGB membran terimobilisasi ekstrak daun andong merah dengan pH dianalisis menggunakan *imageJ*. Pada pH 2-5 nilai *mean* RGB meningkat secara signifikan artinya adanya perubahan warna menuju warna cerah, dan pada pH 6-8 nilai *mean* RGB menurun secara signifikan artinya adanya perubahan warna menuju warna gelap.

Uji *smart* label dengan amonia pada rentang konsentrasi 10–50 ppm dilakukan untuk mengetahui kepekaan *smart* label terhadap gas amonia yang dikeluarkan. *Smart* label memiliki pola warna yang selaras dengan ekstrak daun andong merah seiring meningkatnya nilai pH yang dihasilkan. Gas amonia yang dikeluarkan dan ditangkap oleh *smart* label berada pada suasana basa dari rentang pH 6-9 dengan perubahan warna secara visual yaitu kuning dan hijau.



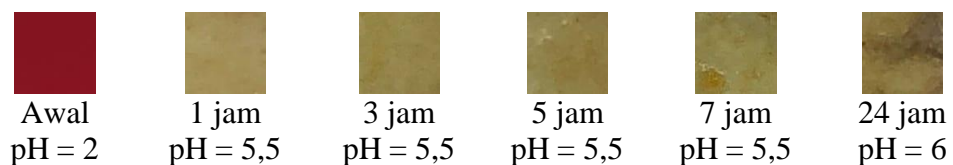
Gambar 5 Perubahan warna *smart* label pada pH uji amonia

Pengamatan warna secara visual dapat berbeda-beda setiap individu, sehingga perubahan warna juga diukur dengan program *imagej* untuk menentukan nilai *mean* RGB. Nilai *mean* RGB *smart* label pada konsentrasi amonia mengalami

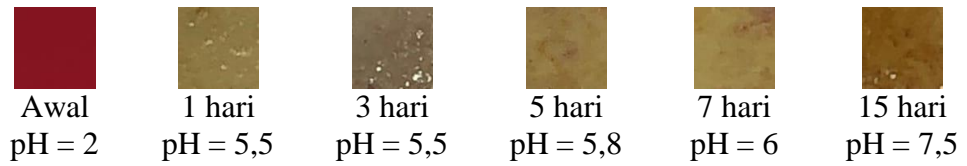
penurunan yang dapat diinterpretasikan sebagai pergeseran warna menuju komponen warna yang lebih gelap atau redup. Perubahan *mean* RGB pada berbagai konsentrasi amoniak menunjukkan adanya respon warna terhadap gas amonia. Kemampuan *smart* label dalam menangkap gas amonia ini, menjadi acuan untuk pengaplikasian *smart* label pada bahan pangan yaitu dalam penelitian ini menggunakan sampel daging sapi.

Pengujian daging sapi meliputi uji susut bobot, organoleptic, dan TVBN merupakan parameter untuk mengetahui penurunan kualitas kesegaran daging sapi. Penyusutan bobot daging sapi akibat mengeluarkan banyak air ketika mengalami proses pembusukkan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan data nilai persentase susut bobot daging sapi pada suhu ruang selama penyimpanan 24 jam sebesar 10 % lebih tinggi dibandingkan pada suhu *chiller* selama penyimpanan 15 hari sebesar 4,64 %. Sedangkan uji organoleptik dilakukan dengan mengamati diamati warna, bau dan teksturnya pada penyimpanan suhu ruang dan suhu *chiller*. Pembusukkan tersebut terjadi karena adanya kontaminasi mikroorganisme sehingga warna menjadi merah-kecoklatan dan tekstur berlendir. Perubahan bau disebabkan adanya gas amonia yang dikeluarkan oleh daging sapi busuk menyebabkan bau amis. Pengujian nilai total volatil base nitrogen (TVB-N) pada daging sapi ditandai dengan dikeluarkannya senyawa basa yaitu gas amonia pada daging yang busuk. Nilai TVBN dalam 5 g sampel daging sapi pada penyimpanan ke-24 jam di suhu ruang sebesar 0,034 % N lebih besar dibanding pada penyimpanan ke-15 hari di suhu *chiller* sebesar 0,022 % N. Hal tersebut menandakan bahwa semakin tinggi nilai TVBN yang didapatkan maka kondisi daging sapi semakin mengalami penurunan mutu kesegaran atau daging sapi sudah tidak layak konsumsi.

Perubahan intensitas warna *smart* label pada penyimpanan suhu ruang dan suhu *chiller* diukur dengan mean RGB menggunakan program *ImageJ*. Perubahan warna *smart* label selama penyimpanan sangat signifikan selaras dengan pola warna pH ekstrak daun andong merah yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

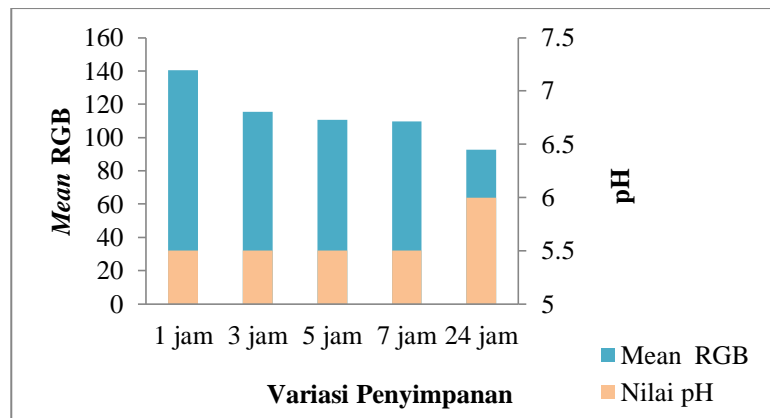


Gambar 6 Perubahan warna *smart* label pada suhu ruang

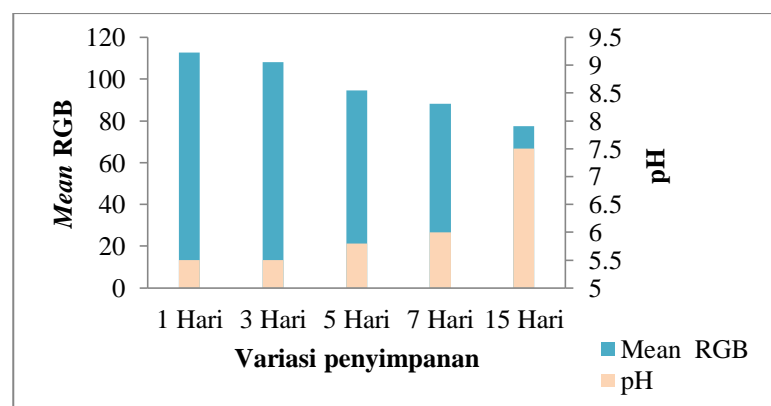


Gambar 7 Perubahan warna *smart* label pada suhu *chiller*

Perubahan warna pada suhu ruang menunjukkan *smart* label setelah aplikasi berwarna kuning pudar hingga kuning. Perubahan warna tersebut mengindikasikan daging sapi sudah mengalami penurunan kualitas mutu kesegaran pada jam ke 24 dengan pH 6. Pada suhu *chiller* menunjukkan *smart* label setelah aplikasi berwarna kuning hingga kehijauan. Perubahan warna tersebut mengindikasikan daging sapi sudah mengalami penurunan kualitas mutu kesegaran pada hari ke 7 dengan pH 6. Hubungan nilai RGB *smart* label dengan lama waktu penyimpanan pada suhu *chiller* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 *Mean* RGB *smart* label pada suhu ruang



Gambar 9 *Mean* RGB *smart* label pada suhu *chiller*

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 menunjukkan perubahan nilai *mean RGB smart* label pada penyimpanan suhu ruang dan *chiller*. Nilai *mean RGB* mengalami penurunan seiring dengan lama penyimpanan dan kenaikan pH yang dihasilkan. Hal tersebut menunjukkan daging sapi mengalami penurunan kualitas kesegaran. Pada suhu ruang dari kondisi segar pada jam ke-1 dengan pH 5,5 hingga pada jam ke-24 dengan pH 6,0 menunjukkan daging sapi tidak segar. Pada suhu *chiller* dari kondisi segar pada hari ke-1 dengan pH 5,5 hingga pada hari ke-7 dan 15 dengan pH 6-7,5 menunjukkan daging sapi sudah tidak segar. Perubahan warna *smart* label pada suhu ruang maupun suhu *chiller* mengindikasikan adanya proses dekomposisi protein pada daging sapi yang mengalami pembusukkan. Maka *smart* label dapat digunakan dalam mendeteksi kesegaran daging sapi berbasis perubahan pH dilihat dari perubahan warna secara visual dan analisa secara kolorimetri menggunakan program *imagej*. Hal tersebut diperkuat dengan uji *repeatibilitas* pada *smart* label yang bertujuan untuk mengetahui data *mean RGB* hasil analisis dapat dikatakan presisi atau tidak dari nilai SD dan RSD nya kurang dari $\leq 5\%$. Nilai % RSD yang didapatkan pada suhu ruang sebesar 1,82 % dan pada suhu *chiller* sebesar 1,21 %.. Artinya nilai % RSD *smart* label tersebut memiliki presisi yang baik yang dibuktikan dengan pengulangan pengukuran yang dilakukan tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

KESIMPULAN

Ekstrak daun andong merah dan membran terimobilisasi ekstrak memiliki perubahan stabilitas warna yang signifikan yaitu berwarna merah (pH 2-4), kuning pudar (pH 5-6), dan hijau (pH 7-8), serta memiliki nilai *mean RGB* pada pH 2-5 meningkat dan pada pH 6-8 nilai *mean RGB* menurun. Membran karagenan-kitosan memiliki nilai uji *swelling* sebesar 102,9 % dan ketebalan 0,065 mm. *Smart* label memiliki nilai *mean RGB* yang menurun secara signifikan dan memiliki pola warna selaras dengan trayek pH ekstrak daun andong merah seiring kenaikan pH. Penurunan mutu daging sapi diperkuat dengan terjadinya perubahan warna menjadi merah kecoklatan, berbau amis, dan tekstur berlendir. Hasil kadar TVBN daging sapi pada suhu ruang selama penyimpanan 24 jam sebesar 0,034 % N, dan pada suhu *chiller* selama penyimpanan 15 hari 0,022 % N.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada orangtua, keluarga, dosen pembimbing, dosen penguji, laboran, dan seluruh dosen dan staf serta teman-teman kimia seperjuangan yang telah membantu membimbing, memberi dukungan moril, sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi peneliti lain sebagai refrensi studi lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Angka, S.L., dan Suhartono, T.S., 2000, Bioteknologi Hasil Laut, Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Alwani, M.A.M.A., Ludin, N.A., Mohamad, A.B., Kadhun, A.A.H., Sopian, K., 2017, Extraction preparation and application of pigments from *Cordyline fruticosa* and *Hylocereus polyrhizus* as sensitizers for dye-sensitized solar cells, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 179: 23-31.
- Anward, G., Hidayat, Y., dan Rokhati, N., 2013, Pengaruh konsentrasi serta penambahan gliserol terhadap karakteristik film alginat dan kitosan, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(3): 51–56.
- Bahar, B., 2003, Panduan Praktis Memilih Produk Daging Sapi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Basuki, N., Harijono, Kuswanto, dan Damanhurim, 2005, Studi Pewarisan Antosianin pada Ubi Jalar, *Agravita* 27 1(1): 63-68.
- Berryman, P., 2014, *Advances in Food and Beverage Labelling*, Woodhead Publishing, Cambridge.
- BPS, 2021, Produksi Daging Sapi (<https://www.bps.go.id/indicator/24/480/1/produksi-daging-sapi-menurut-provinsi.html>), diunduh jam 15.35 WITA, tanggal 17/12/2021.
- Brat, P., Tourniaire, F., dan Amiot-Carlin, M.J., 2008, *Biochemistry of Color: Pigments*. In C. Socaciu (Ed.), *Food Colorants*, CRC Press, New York.
- Buckle, K.A., 1987, *Ilmu Pangan*. Terjemahan Hari Purnomo, UI Press, Jakarta.
- Carneiro T.N., Novaes, D.S., Rabelo, R.B., Celebi, B., Chevallier, P., Mantovani, D., Beppu, M.M., dan Vieira, R.S., 2013, BSA and Fibrinogen Adsorption on Chitosan/ κ Carrageenan Polyelectrolyte Complexes, *Macromolecular Bioscience* 13(8): 1072-83.
- Chandrasekhar, J., Madhusudhan, M.C., Raghavarao, K.S.M.S., 2012, Extraction of Anthocyanins from Red Cabbage and Purification Using Adsorption, *Food and Bioproducts Processing* 90(4) : 615–623.
- Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., dan Banu, M.S., 2012, Edible Films from Polysaccharides, *Food Science and Quality Management* 30(1): 9-18.
- Drabczyk, A., Kramarczyk, S.K., Glab, M., Kędzierska, M., Jaromin, A., Mierzwiński, D., dan Tylińczak, B., 2020, *Physicochemical Investigations*

- of Chitosan-Based Hydrogels Containing Aloe Vera Designed for Biomedical Use, *Materials* 13(14): 3073.
- Gu, Y. S., Decker, E. A., and McClements, D. J., 2005, Influence of pH and Carrageenan Type on Properties of β -lactoglobulin Stabilized Oil-in-Water Emulsions, *Journal Food Hydrocoll* 19: 83–91.
- Hermanto, D., Mudasir, Siswanta, D., Kuswandi, B., 2019, Synthesis of Alginate-Chitosan Polyelectrolyte Complex (PEC) Membrane and Its Physical-Mechanical Properties, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 22 (1): 11-16.
- Hermanto, D., Ismillayli, N., Rinuastuti, B.H., Zuryati, U.K., Muliastari, H., Aini, Q., Azkiana, B., Dewi, N.K.I.W.S., 2022, Alih Teknologi Teknik Pewarnaan Menggunakan Antosianin Berbasis pH Untuk Kain Tenun Khas Lombok, *Jurnal Gema Ngabdi* 4(3): 233-239.
- Hidayat dan Saati, 2006, *Membuat Pewarna Alami: Cara Sehat dan Aman Membuat Pewarna Makanan dari Bahan Alami*, Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Ismillayli, N., Andayani, I.G.A.S., Honiar, R., Mariana, B., Sanjaya, R.K., dan Hermanto, D., 2020, Polyelectrolyte Complex (PEC) Film Based on Chitosan as Potential Edible Films and Their Antibacterial Activity Test, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Engineering.
- Ismillayli, N., Hadi, S., Andayani, I.G.A.S., Honiar, R., Mariana, B., Sanjaya, R.K., Hermanto, D., 2021, Synthesize of self-electrostatic interaction chitosan carrageenan membrane and its properties, *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, IOP Engineering.
- Juneni, 2015, Label Pendeteksi *Escherichia Coli* dari Indikator Warna Methyl Red, Skripsi, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kerry, J.P., O'Grady, M.N., dan Hogan, S.A., 2006., Past, Current, and Potential Utilisation of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Muscle-Based Products: A Review, *Meat Science* 74(1): 113-130
- Kumar, S., Mukherjee, A., dan Dutta, J., 2020, Chitosan Based Nanocomposite Films and Coatings: Emerging Antimicrobial Food Packaging Alternatives, *Trends in Food Science & Technology* 97: 196–209.
- Kuswandi, B., 2008, *Sensor Kimia*, PS Farmasi Universitas Jember, Jember.
- Li, J., 2009, Total Anthocyanin Content In Blue Corn Cookies As Affected By Ingredients and Oven Types, Dissertation, Department of Grain Science and Industry College of Agriculture, Kansas University, Manhattan, Kansas.
- Li, Y., Li, J., Shi, Z., Wang, Y., Song, X., Wang, L., Zhao, C., 2020, Anticoagulant Chitosan-Kappa-Carrageenan Composite Hydrogel Sorbent for Simultaneous Endotoxin and Bacteria Cleansing in Septic Blood, *Carbohydrate Polymers* 243 : 116470.
- Marco, PH., Poppi, RJ., Scarminio, I.S., Tauler, R., 2011, Investigation of the pH effect and UV Radiation on Kinetic Torskan Degradation of Anthocyanin Mixtures Extracted from *Hibiscus acetosella*, *Food Chem* 125(3): 1020-1027.
- Mielmann, A., 2006, Food Spoilage Characteristics of Chrysebacterium Species, Tesis, Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State.

- Muzzarelli, R.A.A., 1997, Biochemical significance at exogenous chitins and chitosan in animals and patients, *Biomaterials* 20(1): 7-16.
- Necas, J., dan Bartisikova, L., 2013, Carrageenan, *Veterinari Medicina* 58(4): 187-205.
- Nguyen, N.T, dan Vo, T.L.H., 2022, Fabrication of Silver Nanoparticles Using *Cordyline fruticosa* L. Leave Extract Endowing Silk Fibroin Modified Viscose Fabric with Durable Antibacterial Property, *Polymers* 14(12): 1-21.
- Nurfawaidi, A., Kuswandi, B., Wulandari, L., 2018, Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan, *Jurnal Pustaka Kesehatan* 6(2): 199-204.
- Perceka, M.L., Asriani, dan Fauzan, I.R., 2020, Kemunduran Mutu Ikan Semar (*Mene maculate*) Selama Penyimpanan Suhu Chilling, *Jurnal Kemaritiman* 1(2): 44-53.
- Pinheiro, A. C., Bourbon, A.I., Medeiros, B.G., Silva, L.H., Silva, M.C., Cunha, M.G.D., 2012, Interactions Between k-Carrageenan and Chitosan in Nanolayered Coatings-Structural and Transport Properties, *Carbohydrate Polymers* 87: 1081-1090.
- Priyadarshi, R., dan Rhim, J.W., 2020, Chitosan-based biodegradable functional films for food packaging applications, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 62: 102346.
- Ray, B., 2005, *Fundamental Food Microbiology*. 3rd ed, CRC Press, London.
- Rabelo, R. S., Tavares, G.M., Prata, A.S., dan Hubinger, M.D., 2019, Complexation of Chitosan with Gum Arabic, Sodium Alginate, and Carrageenan: Effects of pH Polymer Ratio and Salt Concentration, *Journal Carbohydrate polymers* 5(223): 115120.
- Reinking, I., 2007, *ImageJ Basics*, Pennsylvania, Departement of Biology Millersvilley University.
- Riyanto, R., Hermana, I., dan Wibowo, S., 2014, Characteristics of plastic indicator for early warning indicator of fish freshness in a plastic packaging, *JPB Perikanan*, 9(2): 153 – 163.
- Samsudin, A.S., dan Khoiruddin, 2011, Ekstraksi dan Filtrasi Membran dan Uji Stabilitas Zat Warna dari Kulit Manggis (*Garcinia mangostana*), Fakultas Teknologi Diponegoro, Semarang.
- Siro, I., 2012, Active And Intelligent Packaging Of Food, *Progress In Food Preservation* 1(1): 23-38.
- Skurtys, O.C., Acevedo, F., Pedreschi, J., Enrione, F., Osorio dan Aguilera, J. M., 2010, Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, Department of Food Science and Technology, University Santiago de Chile, Chile.
- Soeparno, 2015, *Ilmu dan Teknologi Daging*. 2nd ed, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sugiyono, 2015, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Alfabeta, Bandung.
- Susilo, M., Indarto, E., dan Lestari, C.M.S., 2016, Karakteristik Fisik Daging Sapi dan yang Disimpan Dalam Chiller Pada Berbagai Suhu, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia* 2(2): 44-51.
- Syamsir, E., 2011, *Karakteristik Mutu Daging Elvira*, Kulinologi Indonesia, Jakarta.

- Thariq, M.R.A., Fadli, A., Rahmat, A., dan Handayani, R., 2016, Pengembangan kitosan terkini pada berbagai aplikasi kehidupan, Review, Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau, Indonesia.
- Togas, C., Berhimpon, S., Montolalu, R.I., Dien, H.A., dan Mentang, F., 2017, Karakteristik Fisik Edible Film Komposit Karagenan Dan Lilin Lebah Menggunakan Proses Nanoemulsi, *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 20(3): 468-477.
- Usmiati, S., dan Marwati, T., 2007, Seleksi dan Optimasi Proses Produksi *Bakteriosin* dari *Lactobacillus* sp, *Jurnal Pascapanen*, 4(1): 27-37
- Vaikousi, H., Biliaderis, C.G., Koutsoumanis, K.P, 2008, Development Of A Microbial Time/Temperature Indicator Prototype For Monitoring Microbiological Quality of Chilled Foods, *Applied And Environmental Microbiology* 74(10): 3242-3250.
- Vargas, M.L., Cortez, J.A.T., Duch, E.S., Lizama, A.P., dan Mendez, C.H.H., 2013, Extraction and Stability of Anthocyanins Present in the Skin of the Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*), *Journal of Food and Nutrition Sciences* 4(1): 1221-1228.
- Wardhani, A., 2010, Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Komposit Kitosan-Pati Garut (*Maranta arundinaceae* L.) dengan Pemplastis Asam Laurat, *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 13(1): 11-22.
- Wenten, I.G., Khoiruddin, Aryanti, P.T.P., dan Hakim, A.N., 2010, Pengantar Teknologi Membran, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wu, T.H., dan Bechtel, P.J., 2008, Ammonia, Dimethylamine, and Trimethylamine Oxide from Raw Processed Fish by Products, *Journal of aquatic food product technology* 17(1): 27-38.
- Xavier, M.F., Lopes, T.J, Quardi, M.G.N., dan Quardi, M.B., 2008, Extraction of Red Cabbage Anthocyanins: Optimization of the Conditions of the Column Process, *Brazzarch biol Teknol*, 51(1).
- Zhang, X., Lu, S., dan Chen, X., 2014, A Visual pH Sensing Film Using Natural Dyes from *Bauhinia Blakeana* Dunn Sensors Actuators, *B Chem* 198(1): 268-273.