

PENGEMBANGAN SMART EDIBLE PACKAGING BERBAHAN ALGINAT DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK BUNGA TELANG DAN TEPUNG CANGKANG TELUR AYAM

DEVELOPMENT OF ALGINATE-BASED SMART EDIBLE PACKAGING BASED WITH THE ADDITION OF BUTTERFLY PEA FLOWER EXTRACT AND CHICKEN EGGSHELL POWDER

Michellyn Alvina¹, Rachel Meiliawati Yoshari¹, Ignasius Radix A.P. Jati^{1*}

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Dinoyo No.42-44, Keputran, Kec. Tegalsari, Surabaya, Jawa Timur, 60265

ABSTRAK

Smart edible packaging merupakan kemasan dengan penambahan *smart agent* berupa tepung cangkang telur ayam dan ekstrak bunga telang pada *edible packaging* berbasis alginat dan gliserol. Penambahan *smart agent* berperan untuk meningkatkan kekokohan dan elastisitas *smart edible packaging*, serta mendeteksi dan merespon perubahan mutu produk yang dikemas. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik sifat fisikokimia dan kemampuan *smart edible packaging* sebagai pengemas bahan pangan. Data dianalisis menggunakan ANOVA ($\alpha = 5\%$) dan dilanjutkan dengan uji DMRT ($\alpha = 5\%$). Terdapat interaksi antara konsentrasi tepung cangkang telur ayam dan rasio ekstrak bunga telang yang berpengaruh nyata terhadap faktor kuat tarik (2,9227-12,1723N/mm²), % *elongation* (18,02-40,7733%), dan WVTR (96,9625-203,9756g/m²/24 jam) *smart edible packaging*. Namun, pada faktor total antosianin (0,1364-3,0757mg cy-3-glu eq/100g bahan), total fenol (158,8844-998,0301mg GAE/100g bahan) dan aktivitas antioksidan (4,1734-90,6775%) hanya dipengaruhi oleh faktor ekstrak bunga telang. *Smart edible packaging* perlakuan T3 mampu mempertahankan kualitas daging ayam selama penyimpanan.

Kata kunci: *smart edible packaging*, alginat, gliserol, ekstrak bunga telang, tepung cangkang telur ayam

ABSTRACT

Smart edible packaging is a type of packaging that includes smart agents and can be made using alginate, chicken eggshell flour and butterfly pea flower extract. The smart agents added to the packaging help to increase its sturdiness, elasticity, and ability to detect and respond to changes in the quality of the packaged products. The purpose of the study was to investigate the physicochemical properties and capabilities of smart edible packaging as a food packer. The data collected was analyzed using ANOVA ($\alpha = 5\%$) and continued with the DMRT test ($\alpha = 5\%$). The results showed that there is an interaction between the concentration of chicken eggshell flour and the ratio of butterfly pea flower extract, which has a significant effect on tensile strength factors (2.9227-12.1723N/mm²), % *elongation* (18.02-40.7733%), and WVTR (96.9625-203.9756g/m²/24 hours) in smart edible packaging. However, the total anthocyanin factor (0.1364-3.0757mg cy-3-glu eq/100g ingredient), total phenol (158.8844-998.0301mg GAE/100g ingredient), and antioxidant activity (4.1734-90.6775%) were only influenced by the concentration of butterfly pea flower extract. The study found that the use of smart edible packaging, specifically treatment T3, can help maintain the quality of chicken meat during storage.

Keywords: *smart edible packaging*, alginate, glycerol, butterfly peaflower, chicken eggshell flour

1Pendahuluan

Perkembangan zaman diikuti dengan pengembangan jenis bahan pengemas, yang semula mengandalkan daun dan anyaman bambu telah beralih pada penggunaan jar kaca, plastik, kotak plastik, cup kertas, aluminium foil, dan

kaleng. Pengembangan dilakukan dengan tujuan mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan makanan. Walaupun terdapat berbagai pilihan bahan pengemas, plastik tetap menjadi bahan pengemas unggulan karena murah dan mudah didapatkan. Pada saat ini dalam usaha mengurangi ketergantungan terhadap plastik diperlukan pengembangan kemasan yang mampu

^{*}) Penulis Korespondensi.

E-mail: radix@ukwms.ac.id

Telp: +62-85701516262

menggantikan fungsi plastik dan bersifat biodegradable disebut *bio-plastic*. *Bio-plastic* dapat dimanfaatkan menjadi kemasan makanan, pelapis makanan (*edible coating*), dan *edible packaging* (Han *et al.*, 2018; Aguilar dan Roman, 2014).

Edible packaging merupakan lapisan tipis berbentuk lembaran padat dan fleksibel. Pada umumnya *edible packaging* dibuat dari pati dan memiliki kekurangan yaitu memiliki kelarutan yang buruk, sangat sensitif terhadap air, konsistensi dan stabilitas yang rendah selama pembentukan film sehingga menghasilkan *edible packaging* yang mudah pecah (Jemima *et al.*, 2021; Hasyim *et al.*, 2022). *Edible packaging* dapat dibuat menggunakan bahan hidrokoloid seperti alginat. Menurut Dewi *et al.* (2022), alginat merupakan polisakarida kompleks yang mengandung asam manuronat dan guluronat dengan kemampuan membentuk gel pada suhu tinggi, suhu rendah, pH cenderung asam, dan menghasilkan *edible packaging* yang kokoh. Didukung dengan adanya penelitian oleh Lim *et al.* (2021) menunjukkan penggunaan 1,5% alginat menghasilkan *edible film* dengan ketebalan sebesar 0,073 mm, kuat tarik sebesar 39,17 Mpa, dan elongation 27,48%.

Edile packaging ditambahkan *plasticizer* untuk meningkatkan elastisitas seperti gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol yang mampu meningkatkan kekuatan, kelarutan, dan elastisitas sehingga memperbaiki sifat mekanis, kimiawi, dan fisik kemasan (Dewi *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2022). Pemilihan gliserol 1% sebagai *plasticizer* untuk memberikan karakteristik tidak terlalu elastis dan tetap kokoh. Penambahan smart agent pada *edible packaging* agar sebuah kemasan mampu mendeteksi maupun menginformasikan mutu pangan. *Smart agent* yang ditambahkan adalah ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam.

Tepung cangkang telur ayam mampu menambah kekokohan, kekuatan, ketebalan, dan kekakuan kemasan. Pada smart *edible packaging*, tepung cangkang telur ayam berperan sebagai bahan pengisi (*filler*), penangkap CO₂ ketika tepung cangkang telur ayam masih dalam bentuk CaO, memperkecil pori-pori, dan menghambat pertumbuhan mikroba (Vonnice *et al.*, 2023). Bahan aktif lain yang ditambahkan pada *smart edible packaging* adalah ekstrak bunga telang. Ekstrak bunga telang mengandung pigmen antosianin yang berfungsi sebagai pewarna alami, antioksidan dan antibakteri. Kandungan

antioksidan pada ekstrak bunga telang dapat mencegah terjadinya oksidasi pada *smart edible packaging* sebelum penggunaan dan membantu dalam penghambatan terjadinya ketengikan akibat oksidasi, degradasi, dan diskolorasi (Grzebieciarz *et al.*, 2023). Sifat antimikroba pada ekstrak bunga telang mampu menghambat pertumbuhan mikroba sehingga memberikan perlindungan pada produk pangan yang dikemas. Kandungan antosianin dalam ekstrak bunga telang bersifat sensitif terhadap perubahan suhu dan pH sehingga digunakan sebagai indikator warna (Romruen *et al.*, 2022). Maka dari itu, penelitian dilakukan dengan harapan mampu mengembangkan dan mengaplikasikan hidrokoloid dan bahan alami yang berperan sebagai bahan aktif, seperti alginat, gliserol, tepung cangkang telur ayam, dan ekstrak bunga telang dapat pada *smart edible packaging* yang dapat melindungi produk dan mendeteksi adanya penurunan kesegaran produk yang dikemas.

Metode Penelitian

Bahan untuk Pembuatan *Smart Edible Packaging*

Bahan utama yang digunakan pada pembuatan smart *edible packaging* adalah sodium alginat *food grade* yang didapatkan dari toko bahan kimia di Surabaya, gliserol sebagai bahan *plasticizer* yang didapatkan dari toko bahan kimia di Surabaya, dan air mineral (PT. Tirta Investama, Indonesia). Bahan aktif yang digunakan adalah ekstrak bunga telang yang diperoleh dari bunga telang kering (Emura) dan tepung cangkang telur ayam diperoleh dari Surabaya.

Bahan untuk Analisis

Bahan untuk analisis smart *edible packaging* adalah asam galat, Na₂CO₃ (Merck, CAS 497-19-8), reagen Folin-Ciocalteu (Merck, CAS 12111-13-6), metanol (Emsure, CAS 67-56-1), DPPH (sigma aldrich, CAS 1898-66-4), KCl (Emsure, CAS 7447-40-7), akuades, HCl (Honeywell, CAS 7647-01-0), silica gel, NaCl (Merck, CAS 7647-14-5), Na-asetat (Merck, 127-09-3), kertas timbang, kertas saring, kertas lensa, dan aluminium foil, dan daging ayam broiler bagian dada.

Metode

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok percobaan faktorial. Jumlah taraf

perlakuan dalam percobaan sebanyak sembilan yaitu tiga taraf ekstrak bunga telang dengan rasio perbandingan bunga telang kering dan air sebanyak 0:1 (kontrol), 1:250, dan 1:125 (b/v). Diikuti dengan tiga taraf tepung cangkang telur ayam yaitu 0%, 0,15%, dan 0,3% (b/v). Terdapat 9 taraf perlakuan yang masing-masing dilakukan tiga kali ulangan, sehingga diperlukan 27 unit eksperimen. Taraf perlakuan terdiri atas T1C1 (0:1; 0%), T1C2 (0:1; 0,15%), T1C3 (0:1; 0,3%), T2C1 (1:250; 0%), T2C2 (1:250; 0,15%), T2C3 (1:250; 0,3%), T3C1 (1:125; 0%), T3C2 (1:125; 0,15%), dan T3C3 (1:125; 0,3%). Rancangan penelitian disajikan pada Tabel 1. dan formulai pembuatan *smart edible packaging* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Rancangan penelitian *smart edible packaging*

Perlakuan				
Konsentrasi Tepung Cangkang Telur	Ekstrak Bunga Telang			
		T ₁ (kontrol) (0:1)	T ₂ (1:250)	T ₃ (1:125)
	C ₁ (0%)	T ₁ C ₁ (1)	T ₂ C ₁ (1)	T ₃ C ₁ (1)
		T ₁ C ₁ (2)	T ₂ C ₁ (2)	T ₃ C ₁ (2)
		T ₁ C ₁ (3)	T ₂ C ₁ (3)	T ₃ C ₁ (3)
	C ₂ (0,15%)	T ₁ C ₂ (1)	T ₂ C ₂ (1)	T ₃ C ₂ (1)
		T ₁ C ₂ (2)	T ₂ C ₂ (2)	T ₃ C ₂ (2)
		T ₁ C ₂ (3)	T ₂ C ₂ (3)	T ₃ C ₂ (3)
	C ₃ (0,3%)	T ₁ C ₃ (1)	T ₂ C ₃ (1)	T ₃ C ₃ (1)
		T ₁ C ₃ (2)	T ₂ C ₃ (2)	T ₃ C ₃ (2)
		T ₁ C ₃ (3)	T ₂ C ₃ (3)	T ₃ C ₃ (3)

Tabel 2. Formulasi pembuatan *smart edible packaging*

Perlakuan	Bahan				
	Alginat (g)	Air (mL)	Ekstrak bunga telang (mL)	Gliserol (mL)	Tepung cangkang telur (g)
T ₁ C ₁	1,2	80	-	1	-
T ₁ C ₂	1,2	80	-	1	0,12
T ₁ C ₃	1,2	80	-	1	0,24
T ₂ C ₁	1,2	-	80	1	-
T ₂ C ₂	1,2	-	80	1	0,12
T ₂ C ₃	1,2	-	80	1	0,24
T ₃ C ₁	1,2	-	80	1	-
T ₃ C ₂	1,2	-	80	1	0,12
T ₃ C ₃	1,2	-	80	1	0,24

Penyiapan Ekstrak Bunga Telang

Bunga telang kering ditimbang kemudian direndam dengan air yang sudah dipanaskan hingga suhu 80°C selama 30 menit. Ekstrak yang diperoleh disaring dan *filtrate* yang diperoleh disimpan dalam botol cokelat untuk selanjutnya

dipergunakan dalam pembuatan *smart edible packaging*.

Pembuatan Edible Film

Pembuatan *smart edible packaging* dilakukan dengan cara pemanasan ekstrak bunga telang berbagai rasio hingga 80°C kemudian dicampurkan dengan 1,5% alginat, tepung cangkang telur ayam berbagai konsentrasi, dan gliserol 1%. Kemudian, dituangkan dalam cetakan mika plastik berukuran 10 x 15 cm yang sudah disemprotkan alkohol 70% dan dikeringkan dalam ruangan suhu 18°C dan RH 43±3% selama ±72 jam. *Smart edible packaging* yang sudah kering dilepas dari cetakan dan disimpan dalam plastik *ziplock* dengan *silica gel*.

Analisis Kuat Tarik

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai dari sebuah film sebelum pecah (Sedyadi *et al.*, 2016). Pengujian yang dilakukan menggunakan metode ASTM D 882-18, dengan pengukuran ketebalan kurang dari 1 mm. Sampel yang diujikan dipotong sebesar 70 mm x 35 mm (7x3,5 cm), kemudian dipasangkan grip pada kedua ujungnya. Alat akan menarik sampel dengan kecepatan dan jarak jepit yang ditentukan. Hasil *tensile strength* dinyatakan dalam $\frac{N}{mm^2}$, perhitungan dapat dilakukan dengan cara berikut (Saiful *et al.*, 2013):

$$(\tau) = \frac{F}{A}$$

Analisis Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan (% *elongation*) adalah perubahan panjang maksimum yang dapat dicapai film selama peregangan atau pemanjangan. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat elastisitas kemasan (Sedyadi *et al.*, 2016). Sampel yang diujikan dipotong sebesar 20 mm x 50 mm, kemudian dipasangkan grip pada kedua ujungnya. Alat akan menarik sampel dengan kecepatan dan jarak jepit yang ditentukan. Hasil % pemanjangan dan dinyatakan dalam persen yang dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Elongation} = \frac{\text{Penambahan panjang sampel (mm)}}{\text{Panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

Analisis Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

Pengujian WVTR *smart edible packaging* dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan standar ASTM E.96-99. Prosedur pengujian dilakukan dengan cara meletakkan

sampel direkatkan diatas gelas sloki atau kaleng yang berisi *silica gel* sebanyak 10 g. Wadah yang digunakan ditimbang dengan ketelitian mendekati 1 mg atau 0,001 g, kemudian disimpan dalam desikator berisi NaCl jenuh pada suhu ruang. Berat *silica gel* akan ditimbang setiap harinya pada waktu yang sama dalam beberapa hari yang ditentukan untuk analisis (Sedyadi *et al.*, 2016). Nilai WVTR dinyatakan dalam g/m²/hari dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$WVTR = \frac{\text{Slope kenaikan berat silika gel } (\frac{\text{gram}}{\text{hari}})}{\text{Luas permukaan mulut gelas sloki (m}^2\text{)}}$$

Ekstraksi Sampel *Smart Edible Packaging*

Sampel dipotong dalam ukuran lebih kecil dan ditimbang sebanyak 1g dalam gelas beker, kemudian ditambahkan 30mL metanol dan ditutup dengan aluminium foil. Pendiaman di dalam *shaking waterbath* selama 1 jam pada suhu 40°C dengan kecepatan 100 rpm. Ekstrak disaring menggunakan kertas Whatmann no.41 dan diukur volume filtrat yang diperoleh. Filtrat dipindahkan ke dalam botol cokelat dan disimpan di dalam *refrigerator* hingga waktu penggunaan.

Analisis Total Antosianin

Pengujian total antosianin dilakukan dengan metode diferensial pH. Pada pengujian sampel yang telah diekstraksi masing-masing akan diambil sebanyak 1mL ke dalam 2 tabung reaksi berbeda (tabung A dan B). Tabung A akan ditambahkan 10mL larutan *buffer* pH 1 dan tabung B akan ditambahkan 10mL larutan *buffer* pH 4,5. Larutan akan dihomogenkan menggunakan *vortex* 2000 rpm selama 10 detik, kemudian sampel diukur absorbansinya menggunakan spektrometer UV-Vis pada panjang gelombang 530nm dan 700nm. Hasil total antosianin dinyatakan dalam mg cy-3-glu eq/100g bahan melalui cara perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total antosianin} = \frac{A \times BM \times FP \times 1000}{\epsilon \times l} \times \frac{\text{sampel (ml)}}{\text{sampel (g)}} \times 100 \text{ g}$$

A = absorbansi

BM = berat molekul sianidin-3-glukosida (449,2 g/mol)

FP = Faktor kelarutan

ϵ = absorptivitas molar sianidin-3-glukosida (26900 L/mol cm)

l = lebar kuvet (1cm)

Analisis Total Fenol

Analisis total fenol dilakukan menggunakan reagen *Follin-Ciocalteu* (F-C) dan senyawa standar asam galat. Pada pengujian yang mengacu Molole *et al.* (2022), sampel dipipet

sebanyak 1ml dimasukan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 0,5ml reagen *Folin-Ciocalteu*. Tabung reaksi yang sudah berisikan sampel dan reagen ditutup dengan aluminium foil, kemudian di *vortex* selama 10 detik dengan kecepatan 2000rpm. Selajutnya tabung reaksi didiamkan selama 8 menit pada suhu ruang, setelah itu ditambahkan 4,5ml larutan Na₂CO₃ 2% dan dihomogenkan kembali menggunakan *vortex*. Tabung reaksi didiamkan kembali selama 1 jam pada suhu ruang, selanjutnya diukur absorbansi pada panjang gelombang 765nm. Hasil total fenol dinyatakan dalam mg GAE eq/100g bahan dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$TPC = \frac{\text{total fenol (ppm)}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{\text{sampel (mL)}}{\text{sampel (mL)}} \times FP \times 100g$$

Analisis Aktivitas Antioksidan

Analisis antioksidan pada sampel diukur dengan cara mengevaluasi kemampuan suatu senyawa dalam bahan sebagai pendonor hidrogen dan penangkal radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) berupa senyawa kristal yang bersifat stabil. Pada pengujian yang mengacu Baliyan *et al.* (2022), sampel dipipet sebanyak 0,25ml dimasukan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 0,5ml larutan DPPH dan 4ml metanol. Tabung reaksi yang sudah berisikan larutan ditutup dengan aluminium foil, kemudian di *vortex* selama 10 detik dengan kecepatan 2000rpm. Selajutnya tabung reaksi didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang, selanjutnya diukur absorbansi pada panjang gelombang 517nm. Hasil total fenol dinyatakan dalam %RSA dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$RSA (\%) = \frac{(\text{Abs DPPH} - \text{Abs ekstrak sampel}) \times 100}{\text{Abs DPPH}}$$

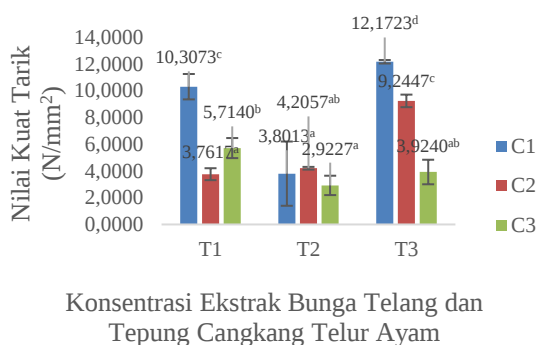
Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan SPSS dengan uji ANOVA ($\alpha=5\%$) untuk mengetahui pengaruh nyata tiap perlakuan terhadap hasil pengujian dan uji DMRT ($\alpha=5\%$) untuk mengetahui ada/tidak pangaruh secara nyata.

Hasil dan Pembahasan

Kuat Tarik (*Tensile Strength*) *Smart Edible Packaging*

Nilai kuat tarik melalui uji ANOVA ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi tepung cangkang telur ayam dan rasio ekstrak bunga telang yang berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik *smart edible packaging* sehingga dilanjutkan uji DMRT ($\alpha = 5\%$) menunjukkan perlakuan T3C1 paling berbeda nyata dan menghasilkan nilai kuat tarik paling besar ($12,1723 \text{ N/mm}^2$) (Gambar 1.).



Gambar 1. Histogram nilai kuat tarik *smart edible packaging*

Pada perlakuan tanpa ekstrak bunga telang (T1), penambahan tepung cangkang telur ayam sebanyak 0,15% menyebabkan nilai kuat tarik *smart edible packaging* lebih rendah dibandingkan penambahan CT 0% tetapi penambahan tepung cangkang telur ayam sebanyak 0,3% meningkatkan nilai kuat tarik *smart edible packaging*. Penambahan tepung cangkang telur ayam akan mengisi pori-pori matriks polimer sehingga menyebabkan kekakuan pada *smart edible packaging* sehingga nilai kuat tarik menurun. Pada perlakuan T1C3 nilai kuat tarik lebih tinggi dibandingkan T1C2 dikarenakan konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang semakin banyak akan mempertebal *smart edible packaging* sehingga gaya tarik yang diperlukan untuk memutuskan *smart edible packaging* semakin besar menyebabkan nilai kuat tarik meningkat. Menurut Jiang *et al.* (2018), menyatakan bahwa komponen CaCO_3 mampu berperan sebagai *bio-filler* sehingga pergerakan molekul terbatas yang menyebabkan kekakuan film meningkat.

Perlakuan T2 dengan rasio bunga telang dan air sebanyak 1:250 memiliki hasil kuat tarik yang berbanding terbalik dengan T1 pada CT 0,15% ($4,2057 \text{ N/mm}^2$) dan CT 0,3% ($2,9227 \text{ N/mm}^2$). Peningkatan nilai kuat tarik pada T2C2

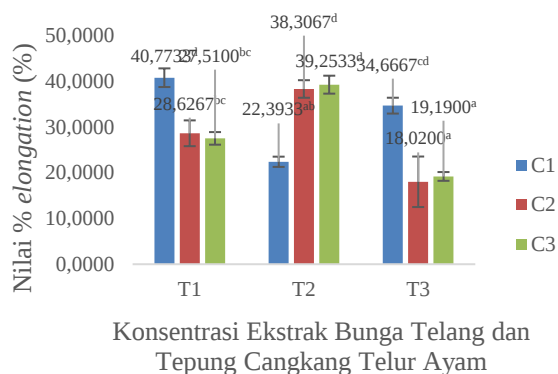
dibandingkan T1C2 karena adanya kompetisi air yang berperan sebagai pelarut antara hidrokoloid dan komponen fenolik pada ekstrak bunga telang sehingga struktur polimer menjadi kaku yang menyebabkan peningkatan nilai kuat tarik. Peningkatan nilai kuat tarik juga disebabkan oleh ikatan silang antara gugus hidroksil pada komponen antosianin bunga telang sehingga membentuk ikatan hidrogen yang memperkuat ikatan antar molekul pembentukan film (Yan *et al.*, 2021). Perlakuan T2C3 lebih rendah dibandingkan T1C3 karena terbentuknya ikatan antar fenolik yang dapat memperbesar jarak antarmolekul dan pori-pori pada matriks polimer sehingga meningkatkan elastisitas dan menghasilkan nilai kuat tarik yang rendah (Berghuis *et al.*, 2022).

Perlakuan T3 dengan rasio bunga telang dan air sebanyak 1:125 memiliki tren yang berbeda dengan peningkatan konsentrasi tepung cangkang telur ayam jika dibandingkan dengan perlakuan T1 dan T2. Peningkatan rasio ekstrak bunga telang berpengaruh terhadap semakin banyaknya jumlah komponen fenolik pada *smart edible packaging* yang mampu memperlebar jarak antar molekul sehingga meningkatkan elastisitas dan menurunkan kekakuan *smart edible packaging* (Li *et al.*, 2023). Pada perlakuan T3C2 ($9,2447 \text{ N/mm}^2$) dan T3C3 ($3,9240 \text{ N/mm}^2$), nilai kuat tarik semakin menurun dibandingkan perlakuan T3C1 ($12,1723 \text{ N/mm}^2$). Hal ini disebabkan adanya peningkatan konsentrasi tepung cangkang telur ayam maka ion Ca^{2+} semakin banyak akan memperkecil jarak antarmolekul dengan membentuk ikatan ionik yang membentuk kekakuan pada *smart edible packaging* sehingga gaya tarik yang diperlukan untuk memutuskan *film* semakin kecil menghasilkan nilai kuat tarik yang semakin menurun. Pengaruh lainnya disebabkan oleh melemahnya ikatan antar polimer karena tepung cangkang telur ayam mengalami aglomerasi sehingga penyebaran tepung cangkang telur ayam dalam matriks polimer tidak merata yang menyebabkan penurunan nilai kuat tarik (Nwiyoronu *et al.*, 2022).

% Elongation

Nilai % *elongation* melalui uji ANOVA ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi tepung cangkang telur ayam dan rasio ekstrak bunga telang yang berpengaruh nyata terhadap nilai % *elongation smart edible packaging* sehingga dilanjutkan uji DMRT ($\alpha =$

5%) menunjukkan perlakuan T1C1 menghasilkan nilai % *elongation* paling besar tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan T2C2 dan T2C3 (Gambar 2.)



Gambar 2. Histogram % *elongation* smart edible packaging

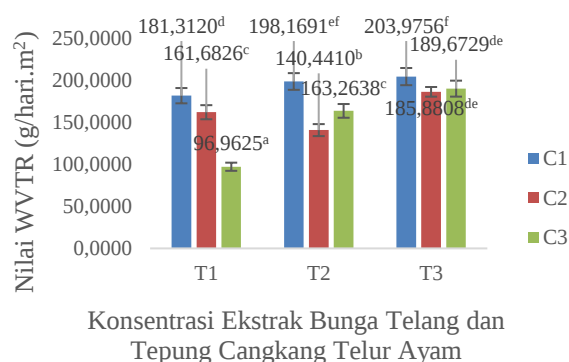
Pada perlakuan T1 dan T3 terjadi penurunan % *elongation* pada penambahan konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang semakin banyak tetapi pada perlakuan T2 menunjukkan peningkatan % *elongation* seiring dengan peningkatan konsentrasi tepung cangkang telur ayam. Pada perlakuan T2C1 dan T3C1 terjadi penambahan ekstrak bunga telang yang mengandung senyawa fenolik sehingga menyebabkan peningkatan % *elongation*. Peningkatan % *elongation* akan meningkatkan jumlah ikatan hidrosil antar senyawa fenolik ekstrak bunga telang sehingga pori-pori pada matriks polimer yang semakin besar menyebabkan peningkatan mobilitas antamolekul dalam matriks polimer maka *smart edible packaging* lebih elastis (Rahmawati *et al.*, 2022; Gomez-Aldapa *et al.*, 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lim *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak *hawthorn berry* konsentrasi 0% - 4% dapat mengurangi gaya tarik menarik antar molekul dalam matriks polimer sehingga kuat tarik melemah tetapi elastisitas meningkat. Hal tersebut terlihat pada penambahan ekstrak *hawthorn berry* sebanyak 2% dan 3% memiliki nilai % *elongation* yang meningkat secara signifikan yang semula 27,48% menjadi 43,57%.

Perlakuan T1 dan T3 berbanding terbalik dengan perlakuan T2 (1:250) pada semua konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang disebabkan oleh penambahan ekstrak bunga telang akan meningkatkan senyawa fenolik yang berikatan dengan gugus hidrogen akan

berkomposisi bersama dengan gugus hidrogen pada alginat dalam memperoleh air sehingga jarak antar matriks polimer mengecil yang menyebabkan kekakuan pada *smart edible packaging*. Penurunan % *elongation* pada perlakuan T1 dan T3 karena pori-pori pada matriks polimer perlakuan T3 diisi oleh molekul CaCO_3 sedangkan perlakuan T1 ion Ca^{2+} yang terdapat pada tepung cangkang telur ayam dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan semakin banyak sehingga ikatan ionik yang terbentuk antara Ca^{2+} dengan gugus $(-\text{OH})$ pada alginat menyebabkan *smart edible packaging* lebih kompak karena jarak antar matriks polimer diperkecil. Peningkatan % *elongation* yang seiring dengan peningkatan konsentrasi tepung cangkang telur ayam dikarenakan adanya sejumlah kecil senyawa organik pada permukaan matriks polimer *smart edible packaging* yang mampu bertindak sebagai penghubung dengan mendispersikan tepung cangkang telur ayam secara homogen sehingga meningkatkan pembentukan jaringan kontinu dalam matriks polimer (Jiang *et al.*, 2018).

Laju Transmisi Uap Air (Water Vapor Transmission Rate) Smart Edible Packaging

Nilai WVTR melalui uji ANOVA ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi tepung cangkang telur ayam dan rasio ekstrak bunga telang yang berpengaruh nyata terhadap nilai WVTR *smart edible packaging* sehingga dilanjutkan uji DMRT ($\alpha = 5\%$) menunjukkan perlakuan T1C3 memiliki nilai WVTR paling rendah yaitu 96,9625 g/mm²/24 jam. (Gambar 3.)



Gambar 3. Histogram nilai WVTR (Water Vapor Transmission Rate) smart edible packaging

Pada perlakuan T2C1 dan T3C1 nilai WVTR lebih tinggi dibandingkan perlakuan T1C1 karena semakin banyak senyawa fenolik ekstrak

bunga telang sehingga jarak antar molekul fenolik semakin besar menyebabkan mobilitas uap air pada *smart edible packaging* makin tinggi menyebabkan peningkatan nilai WVTR (Li *et al.*, 2023).

Hal ini sejalan dengan penelitian Santoso *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bunga rosela dengan berbagai konsentrasi mampu meningkatkan nilai WVTR dengan kisaran sebesar 13,15-16,67 g/m²/24 jam, maka permeabilitas *edible packaging* terhadap uap air semakin tinggi. Peningkatan nilai WVTR juga terjadi pada *edible film* berbasis pati ganyong, CMC, dan gliserol dengan penambahan ekstrak daun kenikir (1%, 2%, dan 3%) dengan hasil yang berkisar antara 18,973 – 29,195 g/m²/24 jam (Santoso *et al.*, 2021). Pada perlakuan T2 dan T3, nilai WVTR *smart edible packaging* dengan penambahan tepung cangkang telur ayam 0,3% lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan konsentrasi tepung cangkang telur ayam 0,15%. Perlakuan T2C1 dan T3C1 memiliki nilai WVTR lebih rendah dibandingkan perlakuan T2C2 dan T3C2 karena terdapat terdapat pembentukan ikatan silang antara ion Ca²⁺ yang merupakan bagian dari komponen CaCO₃ pada tepung cangkang telur ayam dengan gugus hidroksil alginat (-OH) sehingga memperkecil pori-pori pada matriks *film* dan mereduksi jumlah gugus hidroksil bebas sehingga permeabilitas uap air menurun (Vonnice *et al.*, 2023).

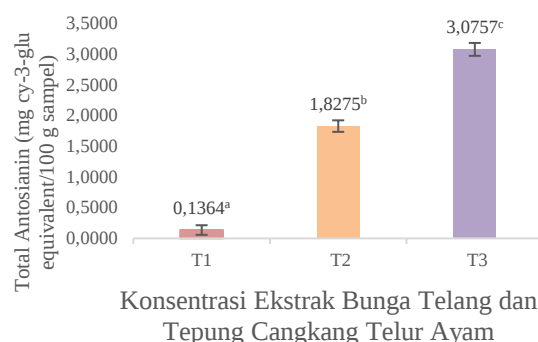
Total Antosianin Smart Edible Packaging

Data total antosianin dianalisis lebih lanjut melalui uji ANOVA ($\alpha = 5\%$). Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi diantara kedua faktor yaitu ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam terhadap total antosianin *smart edible packaging*. Perbedaan nyata hanya ditemukan pada faktor ekstrak bunga telang.

Hasil pengujian antosianin pada Gambar 4 menunjukkan semakin tinggi rasio ekstrak bunga telang yang ditambahkan akan meningkatkan total antosianin pada berbagai perlakuan berkisar antara 0,1308 - 3,0757 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel. Total antosianin pada perlakuan T1, T2, dan T3 tanpa penambahan tepung cangkang telur ayam dapat terlihat peningkatan total antosianin secara berturut-turut T1 (0,1308 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel), T2 (1,7779 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel), dan T3 (3,0270 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel). Total antosianin sejalan dengan hasil

pengujian total antosianin pada ekstrak bunga telang pada rasio bunga telang dan air 1:250 sebesar 2,1503 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel dan ekstrak bunga telang pada rasio bunga telang dan air 1:125 sebesar 3,9276 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel.

Hasil pengujian sejalan dengan penelitian Sganzerla *et al.* (2021) yang menggunakan *edible film* berbahan dasar CMC dengan penambahan ekstrak bluberi konsentrasi 0%, 10%, 30%, dan 50% menunjukkan total antosianin yang meningkat secara berturut-turut dari 3,39 ± 0,46 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel hingga 11,59 ± 0,35 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel. Penelitian lainnya dilakukan oleh Nogueira *et al.* (2019) menyatakan bahwa penambahan 0%, 20%, 30%, dan 40% ekstrak beri hitam pada *edible film* berbahan dasar tepung garut menunjukkan adanya peningkatan total antosianin secara berkala yaitu 0,32 ± 0,12 mg cy-3-glu equivalent/100 g sampel hingga 45,43 ± 0,63 mg cy-3-glu equivalent/100g sampel.



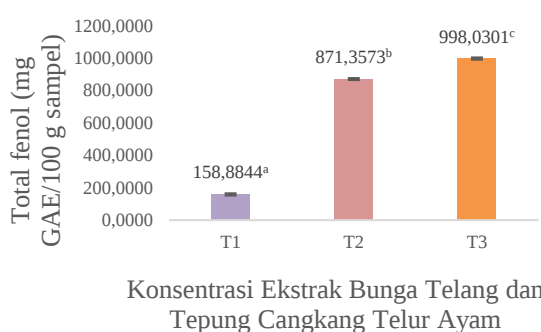
Gambar 4. Histogram total antosianin *smart edible packaging*

Total Fenol Smart Edible Packaging

Smart edible packaging merupakan jenis kemasan aktif yang dapat memperpanjang umur simpan produk, serta adanya perubahan mutu produk pangan yang dikemas akibat perubahan suhu, pH, dan gas disekitarnya melalui perubahan warna bahan pengemas. Bahan aktif yang ditambahkan adalah ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam. Ekstrak bunga telang memiliki komponen fenolik. Menurut Jeyaraj *et al.* (2021), komponen fenolik utama pada ekstrak bunga telang adalah ternatin, kaempferol, kuersitin, dan mirisetin, ekstrak bunga telang mampu berperan sebagai antioksidan dan antimikroba. Fungsinya sebagai antioksidan dilakukan dengan mendonorkan hidrogen untuk

menstabilkan jumlah elektron yang hilang pada radikal bebas (Juswardi *et al.*, 2023). Komponen fenolik sebagai antimikroba disebabkan oleh sifatnya yang pro-oksidatif, serta kemampuannya dalam mengubah muatan superfisial dan hidrofibitas sel bakteri (Ordenez *et al.*, 2022).

Pengujian ANOVA menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara kedua faktor (ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam) terhadap *smart edible packaging* tetapi penambahan berbagai rasio ekstrak bunga telang berpengaruh nyata terhadap *smart edible packaging*. Hal ini dikarenakan tepung cangkang telur ayam tidak mengandung senyawa fenolik. Hasil tersebut juga didukung dengan pengujian DMRT yang menunjukkan T1C1, T1C2, dan T1C3 begitupun pada perlakuan T2 dan T3 berbagai konsentrasi tepung cangkang telur ayam memiliki notasi yang sama. Sedangkan antara perlakuan T1, T2, dan T3 dapat dilihat perbedaan nyata pada tiap kelompoknya dibuktikan dengan adanya notasi yang berbeda pada tiap rasio bunga telang dan air. Keseluruhan data pengujian fenol disajikan pada Gambar 5.

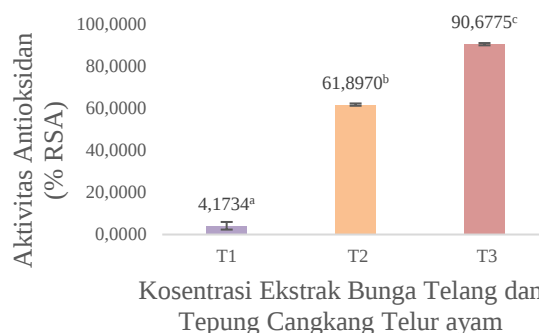


Gambar 5. Histogram total fenol *smart edible packaging*

Hasil pengujian total fenol *smart edible packaging* perlakuan T1 berkisar antara 171,1687 hingga 151,0116 mg GAE/100 g sampel. Sedangkan perlakuan dengan penambahan rasio bunga telang dan air mengalami peningkatan total fenol. Kandungan fenol yang terutama pada bunga telang adalah ternatin, kemferol, kuersitin, dan myrisetin (Singh *et al.*, 2022). Kandungan total fenol pada perlakuan T1 diperoleh dari alga cokelat yang merupakan bahan baku pembuatan sodium alginat. Menurut Hidayati *et al.* (2019), komponen total fenol hasil ekstraksi alga cokelat menggunakan larutan etil asetat sebesar 120,29 mg GAE/g sampel. Perlakuan T2 memiliki rasio bunga telang dan air yang lebih besar dibandingkan perlakuan T3 sehingga menghasilkan warna biru yang kurang pekat

mengindikasikan kandungan senyawa fenol yang semakin rendah. Hal lain yang menyebabkan adanya peningkatan total fenol dengan rasio ekstrak bunga telang yang berbeda disebabkan oleh varietas yang dipilih, bahan pelarut yang digunakan (air atau metanol), dan metode ekstraksi yang digunakan (*Ultrasound* atau *water bath*) (Singht *et al.*, 2022). Pernyataan tersebut didukung oleh Dewi *et al.* (2022) yang menunjukkan peningkatan total fenolik dengan adanya penambahan ekstrak rumput laut hijau dengan dari konsentrasi 0% ($0,89 \pm 0,01$ mg GAE/g sampel), 0,5% ($4,29 \pm 0,01$ mg GAE/g sampel), 1% ($6,67 \pm 0,01$ mg GAE/g sampel), dan 1,5% ($8,17 \pm 0,01$ mg GAE/g sampel). Peningkatan total fenol dalam berbagai perlakuan sejalan dengan peningkatan total antosianin, karena antosianin merupakan kelompok senyawa fenolik.

Aktivitas Antioksidan *Smart Edible Packaging*



Gambar 6. Histogram aktivitas antioksidan *smart edible packaging*

Hasil pengujian aktivitas antioksidan disajikan pada Gambar 6. Data aktivitas antioksidan dianalisis lebih lanjut melalui uji ANOVA ($\alpha = 5\%$). Hasil uji ANOVA (Lampiran 2.6.) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi diantara kedua faktor, tetapi faktor ekstrak bunga telang berbeda nyata. Maka dilanjutkan uji DMRT pada tiap faktor uji menunjukkan bahwa perbedaan rasio bunga telang dan air memberikan notasi yang berbeda.

Hasil pengujian menunjukkan aktivitas antioksidan tanpa penambahan ekstrak bunga telang berbeda signifikan dengan perlakuan yang menggunakan ekstrak bunga telang. Semakin tinggi ekstrak bunga telang yang ditambahkan maka aktivitas antioksidan semakin tinggi dengan harapan memiliki kemampuan paling baik dalam mempertahankan umur simpan produk yang dikemas. Nilai aktivitas antioksidan pada

perlakuan tanpa penambahan tepung cangkang telur ayam secara berturut-turut yaitu T1C1 (4,4715%), T2C1 (60,3252), dan T3C1 (90%). Aktivitas antioksidan pada perlakuan tanpa penambahan ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam tidak bernilai 0% dikarenakan alginat mengandung antioksidan sebesar 5,87% (Kaczmarek, 2020). Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah komponen fenolik dan flavonoid, serta penambahan gliserol dalam larutan edible film mampu memerangkap komponen fenolik. Peningkatan aktivitas antioksidan oleh bahan juga berperan dalam mencegah produk pangan yang dikemas dari proses oksidasi (Fortin *et al.*, 2023). Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Dewi *et al.* (2022) yang menunjukkan semakin tinggi penambahan konsentrasi ekstrak rumput laut hijau dari 0%-1,5% mampu meningkatkan aktivitas antioksidan edible film berbahan dasar alginat dan gliserol. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga telang dalam smart edible packaging maka jumlah senyawa fenol dan antosianin semakin tinggi sehingga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menangkal radikal bebas. Nilai antioksidan berbanding lurus dengan total fenol dan total antosianin.

Perubahan Warna Smart Edible Packaging selama Penyimpanan

Smart edible packaging berperan untuk memonitor dan menginformasikan perubahan pH yang dihasilkan dari produksi senyawa volatile yang semakin meningkat selama penyimpanan sehingga dapat diketahui tingkat kesegaran makanan. Menurut Seftiono *et al.* (2022), perubahan warna *smart edible packaging* disebabkan oleh perubahan struktur antosianin dari pH asam berwarna biru hingga pH basa berwarna hijau. Hal ini sesuai dengan perubahan warna yang terjadi pada *smart edible packaging* yang ditambahkan ekstrak bunga telang saat mengemas produk pangan seperti daging ayam kukus yang semakin basa selama penyimpanan.

Tabel 3. Rata-rata nilai L*, a*, b*, C, H *smart edible packaging* selama penyimpanan 3 hari

Perlakuan	Hari ke-	L*	a*	b*	C	H	Warna
T1C1	0	84,9 ± 2,25	-1,9 ± 0,51	-4,1 ± 0,49	4,7 ± 8,50	251,6 ± 0,50	
		83,5 ± 0,71	-1,8 ± 0,25	0,9 ± 0,15	5,7 ± 0,40	266,6 ± 0,45	
	1	83,5 ± 0,71	-1,8 ± 0,25	0,9 ± 0,15	5,7 ± 0,40	266,6 ± 0,45	
		83,5 ± 0,71	-1,8 ± 0,25	0,9 ± 0,15	5,7 ± 0,40	266,6 ± 0,45	

T1C2	2	83,2 ± 0,62	-1,3 ± 0,15	0,7 ± 0,12	1,6 ± 0,25	156,2 ± 1,98	
	3	82,4 ± 0,85	-0,6 ± 0,23	-2,3 ± 0,21	2,4 ± 0,20	254,2 ± 3,76	
	0	82,2 ± 0,50	-2,5 ± 0,55	-3,9 ± 0,40	4,4 ± 0,57	241,1 ± 1,25	
	1	85,6 ± 0,56	1,8 ± 0,10	3,7 ± 0,15	4,5 ± 0,35	162,9 ± 0,21	
T1C3	2	82,3 ± 0,72	-1,0 ± 0,21	4,1 ± 0,15	4,2 ± 0,15	104,0 ± 1,10	
	3	81,8 ± 0,42	-0,9 ± 0,06	-0,5 ± 0,75	1,2 ± 0,36	203,6 ± 1,47	
	0	80,9 ± 0,51	-1,8 ± 0,30	-2,8 ± 0,30	3,3 ± 0,35	120,8 ± 0,64	
	1	82,7 ± 1,29	-2,3 ± 0,12	2,4 ± 0,31	3,1 ± 0,56	136,8 ± 1,19	
T2C1	2	83,2 ± 0,85	-0,9 ± 0,15	4,1 ± 0,00	4,3 ± 0,06	104,0 ± 3,46	
	3	80,3 ± 0,90	-0,3 ± 0,12	4,4 ± 0,50	4,4 ± 0,50	93,8 ± 2,23	
	0	39,9 ± 1,18	-4,2 ± 0,26	0,6 ± 0,32	4,0 ± 0,20	178,0 ± 0,21	
	1	40,8 ± 0,45	-12,8 ± 0,61	4,9 ± 0,59	13,7 ± 0,31	161,8 ± 0,85	
T2C2	2	43,6 ± 0,61	-11,3 ± 0,64	1,7 ± 0,12	12,9 ± 0,59	172,4 ± 0,75	
	3	53,0 ± 2,21	-15,2 ± 1,06	-7,9 ± 0,78	17,1 ± 1,27	207,3 ± 0,65	
	0	43,4 ± 0,67	-4,0 ± 0,20	0,3 ± 0,32	4,3 ± 0,42	179,1 ± 1,86	
	1	38,4 ± 0,66	-7,0 ± 0,68	0,5 ± 0,23	6,4 ± 0,32	177,5 ± 3,21	
T2C3	2	44,6 ± 0,55	-11,3 ± 0,42	-1,4 ± 0,12	11,5 ± 0,28	187,7 ± 0,78	
	3	44,4 ± 2,25	-9,5 ± 0,49	-0,7 ± 0,53	9,5 ± 0,53	184,1 ± 2,97	
	0	32,0 ± 1,01	-2,6 ± 0,26	-1,5 ± 0,25	2,9 ± 0,20	211,7 ± 1,27	
	1	34,7 ± 0,40	-5,8 ± 0,40	-2,0 ± 0,40	-5,8 ± 0,25	198,4 ± 2,48	
T3C1	2	37,6 ± 0,49	-4,8 ± 0,10	-1,8 ± 0,23	5,2 ± 0,15	199,5 ± 0,75	
	3	33,9 ± 1,25	-4,8 ± 0,15	-2,3 ± 0,32	5,3 ± 0,20	205,6 ± 3,45	
	0	22,8 ± 1,39	-7,7 ± 0,35	-5,8 ± 0,35	9,7 ± 0,51	216,4 ± 0,64	
	1	33,4 ± 1,66	-6,6 ± 0,46	-8,6 ± 0,56	10,9 ± 0,40	235,2 ± 1,67	
T3C2	2	44,3 ± 3,21	-15,8 ± 0,31	-10,3 ± 0,96	19,4 ± 0,62	214,7 ± 3,08	
	3	39,3 ± 1,69	-10,1 ± 0,75	-7,2 ± 0,90	13,6 ± 1,36	215,7 ± 1,96	
	0	20,8 ± 1,54	-5,1 ± 0,20	-3,1 ± 0,20	6,1 ± 0,59	211,5 ± 0,66	
	1	20,8 ± 1,54	-5,1 ± 0,20	-3,1 ± 0,20	6,1 ± 0,59	211,5 ± 0,66	

	1	35,3 ± 2,70	-5,8 ± 1,72	-4,6 ± 0,57	5,9 ± 0,32	223,8 ± 3,78	
	2	37,0 ± 0,44	-5,1 ± 0,51	-3,5 ± 0,49	5,8 ± 0,31	216,8 ± 1,13	
	3	39,0 ± 3,23	-9,7 ± 0,93	-7,7 ± 0,68	12,4 ± 1,10	218,4 ± 1,37	
T3C3	0	25,3 ± 0,72	-2,7 ± 0,46	-3,6 ± 0,42	4,0 ± 0,06	237,2 ± 1,05	
	1	35,3 ± 1,78	-4,7 ± 0,50	-1,8 ± 0,31	4,6 ± 0,50	200,7 ± 0,66	
	2	35,6 ± 0,46	-6,0 ± 0,32	-3,4 ± 0,38	6,6 ± 0,21	210,2 ± 1,15	
	3	31,9 ± 2,34	-5,4 ± 0,49	-2,5 ± 0,87	5,8 ± 0,71	215,5 ± 3,21	

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 3. penambahan bahan aktif berupa tepung cangkang telur ayam dan ekstrak bunga telang memberikan intensitas kecerahan yang semakin rendah. menunjukkan bahwa kecerahan *smart edible packaging* semakin menurun. Rasio bunga telang dan air yang semakin tinggi (1:125) memiliki tingkat kecerahan (L^*) lebih kecil dibandingkan rasio bunga telang dan air yang lebih rendah (1:250) tetapi seiring waktu penyimpanan kedua warna *smart edible packaging* dengan rasio berbeda akan menjadi lebih cerah atau memudar. Namun, peningkatan persentase tepung cangkang telur ayam menyebabkan *smart edible packaging* semakin keruh, cenderung ke arah gelap, dan warna hijau semakin pekat. *Smart edible packaging* dengan penambahan kedua bahan aktif memberikan efek semakin tinggi intensitasnya nilai a^* dan semakin rendah nilai b^* yang menunjukkan intensitas warna hijau dan biru pada kemasan memudar/lebih gelap selaras dengan nilai C^* .

Pada lama penyimpanan selama tiga hari menunjukkan enam perlakuan yaitu T2C1, T2C2, T2C3, T3C1, T3C2, dan T3C3 mengalami perubahan warna kemasan yang semula biru pekat menjadi biru kehijauan hingga hijau. Perubahan warna ini disebabkan oleh adanya interaksi antara gugus hidroksil (-OH) pada antosianin dengan komponen basa volatil yaitu ammonia (-NH₃), dimetilamina (DMA), dan trimetilamina (TMA) yang terbentuk selama penyimpanan daging ayam sehingga terbentuk ikatan antara amina, dietilamina, dan trietilamina dengan gugus hidroksil (Seftiono *et al.*, 2021). Menurut Gamage

et al. (2021), perubahan warna antosianin pada *smart edible packaging* juga merupakan dampak dari perubahan peningkatan pH daging ayam selama penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa *smart edible packaging* mampu mendeteksi perubahan mutu daging ayam yang dikemas dengan adanya perubahan warna.

Kesimpulan

Terdapat pengaruh interaksi ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam terhadap kuat tarik, % *elongation*, dan WVTR *smart edible packaging*. Peningkatan ekstrak bunga telang akan meningkatkan nilai kuat tarik, % *elongation*, dan WVTR, namun peningkatan konsentrasi tepung cangkang telur ayam menurunkan nilai kuat tarik dan % *elongation smart edible packaging*. Namun, penambahan tepung cangkang telur ayam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap total antosianin, total fenol, dan aktivitas antioksidan *smart edible packaging*. Penambahan ekstrak bunga telang dan tepung cangkang telur ayam pada *smart edible packaging* memiliki kemampuan lebih baik terutama perlakuan rasio bunga telang dan air 1:125 dalam mempertahankan kesegaran daging ayam.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknologi Pertanian dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya atas dukungan dana penelitian lewat skema Hibah Penelitian Dana Fakultas tahun 2023.

Daftar Pustaka

- Aguilar, M, R., & Roman, J, S. (2014). *Smart Polymer and Their Applications*. UK: Woodhead Publishing.
- Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, R, P., & Chang, C, M. (2022). Determination of Antioxidant by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27 1326.
- Berghuis, N, T., Mutmainah, D, K., Savitri, M, N., Arizki, M., Yunita, D, D., Awaluddin, F.,

- Peranginangin, R. R., Nursalsabila, A., & Bramasta, R. K. (2022). Bioplastic from Cassava Peel and Eggshell Waste. *Natural Sciences and Mathematics Research*, 8(2), 75-83.
- Dewi, E. N., Tassakka, A. C. M. A. R., Yuwono, M., Suyono, E. A., Purnamayati, L., & Alam, J. F. (2022). Effect of Chlorophyll in Alginat-based Edible Film in Inhibiting Spoilage of Fish Snacks. *Conrea Jurnal: Food Technology, Nutritions, and Culinary*, 5(1), 57-68.
- Fortin, G. A., Dewi, Y. S. K., & Hartanti, L. (2023). Physicochemical Characteristics of Edible Film Sodium Caseinate with Sappan Wood Extract Addition. *Food Science Technology Journal*, 5(1), 26-36.
- Gamage, G. C. V., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Anthocyanins from *Clitoria ternatea* Flower: Biosynthesis, Extraction, Stability, Antioxidant Activity, and Applications. *Front Plant Science*, 12, 792303.
- Gomez-Aldapa, C. A., Diaz-Cruz, C. A., Castro-Rosas, J., Jimenez-Regalado, E. J., Velaquez, G., Guiterrez, M. C., & Aguirre-Loredo, R. Y. (2021). Development of Antimicrobial Biodegradable Films Based
- Grzebieniarz, W., Tkaczewska, J., Juszczak, L., Kawecka, A., Krzysciak, P., Nowak, N., Guzik, P., Kasprzak, M., Janik, M., & Jamroz, E. (2023). The Influence of Aqueous Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) Flower Extract on Active and Intelligent Properties of Furcellaran Double-Layered films – *In Vitro* and *In Vivo* Research. *Food Chemistry*, 413, 135612.
- Han, J. W., Garcia, L. R., Qian, J. P., & Yang, X. T. (2018). Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 860–877.
- Hasyim, U. H., Aji, N. P., Sari, F., Hendrawati, T. Y., & Nugrahani, R. A. (2022). Characteristic of Edible Film from Rice Bran Starch as Affected by the Concentration of Sorbitol Plasticizer. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 4, 1-7.
- Hidayati, J. R., Yudiati, E., Pringgienies, D., Arifin, Z., & Oktaviyanti, D. T. (2019). Antioxidant Activities, Total Phenolic Compound, and Pigment Contents of Tropical *Sargassum* sp. Extract, Macerated in Different Solvents Polarity. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(1), 73-80.
- Jemima, Ch., Hanumantharaju, K. N., Lokesh, A. C., Chaitra, H. K., Pranav, V., & Nair, A. S. (2021). Study on Physical Properties of Potato Starch-based Edible Film Incorporated with Orange Essential Oil. *Chemical Science Review and Letters*, 10(39), 350-358.
- Jeyaraj, E. J., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Extraction Methods of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) Flower and Biological Activities of Its Phytochemicals. *Journal Food Technology*, 58(6), 2054-2067.
- Jiang, B., Li, S., Wu, Y., Song, J., Chen, S., Li, X., & Sun, H. (2018). Preparation and Characterization of Natural Corn Starch-based Composite Films Reinforced by Eggshell Powder. *CyTA – Journal of Food*, 16(1), 1045-1054.
- Juswardi., Yuliana, R., Tanzerina, N., Harmida., & Aminasih, N. (2023). Anthocyanin, Antioxidant, and Metabolite Content of Butterfly Pea Flower (*Clitoria ternatea* L.) Based on Flowering Phase. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 9(2), 349-360.
- Kaczmarek, B. (2020). Improving Sodium Alginate Films Properties by Phenolic Acid Addition. *Materials*, 13, 2895, 1-11.
- Li, Y., Hu, Z., Huo, R., & Cui, Z. (2023). Preparation of an Indicator Film based on Pectin, Sodium Alginate, and Xanthan Gum Containing Blueberry Anthocyanin Extract and Its Application in Blueberry Freshness Monitoring. *Heliyon*, 9, 1-18.
- Lim, L. I., Tan, H. L., & Pui, L. P. (2021). Development and Characterization of Alginate-based Edible Film Incorporated with Hawthorn Berry (*Crataegus pinnatifida*) Extract. *Journal of Food*

- Measurement and Characterization*, 15, 2540-2548.
- Molole, G. J., Gure, A., & Abdissa, N. (2022). Determination of Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Commiphora mollis* (Oliv.) Engl. Resin. *BMC Chemistry*, 16(48), 1-11.
- Nogueira, G. F., Fakhouri, F. M., & de Oliveria, R. A. (2019). Effect of Incorporation of Blackberry Particles on the Physicochemical Properties of Edible Films of Arrowroot Starch. *Drying Technology*, 37(4).
- Nwiyoronu, J., Umeileka, C. C., Duru, R. U., & Otaigbe, J. O. E. (2022). Effects of Cassava Peel and Eggshell on Some Properties of High-Density Polyethylene Composites. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series A: Physical Science*, 65A(3), 214-225.
- Ordóñez, R., Atares, L., & Chiralt, A. (2022). Biodegradable Active Materials Containing Phenolic Acids for Food Packaging Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(5), 3910-3930.
- Rahmawati, S., Pathuddin., Nuryanti, S., Sangkota, V. D. A., Afadil., Aggraini., & Syawaliah, N. (2022). Characteristics and Antioxidants of Edible Film From Durian Seeds (*Durio zibethinus*) with Additions to Rosella Flower Extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Materials*, 65, 3109-3115.
- Romruen, O., Kaewprachu, P., Karbowiak, T., & Rawdkuen, S. (2022). Development of Smart Bilayer Alginat/Agar Film Containing Anthocyanin and Catechin-Lysozyme. *Polymers*, 14, 5042.
- Saiful., Saleha, S., & Salman. (2013). Preparation and Characterization Edible Film Packaging from Carrageenan. *International Conference Syiah Kuala University*, 3(3), 44-50.
- Santoso, B., Sinaga, T. L. D., Priyanto, G., & Hermanto. (2021). Effect of Natural Active Compound Addition on Mechanical and Functional Properties of Canna Starch based Edible Film. *Food Science and Technology*, 42, 1-6.
- Santoso, B., Waty, D. A., Rosidah, U., & Hermanto, H. (2022). The Effect of Incorporation of Gambler Filtrate and Rosella Flower Petals Extract on Mechanical Properties and Antioxidant Activity of Canna Starch Based Active Edible Film. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Science*, 16, 1-11.
- Sedyadi, E., Aini, S. K., Anggarini, D., & Ekawati, D. P. (2016). Starch-Glycerol Based Edible Film and Effect of Rosella (*Hibiscus Sabdariffa* Linn) Extract and Surimi Dumbo Catfish (*Clarias gariepinus*) Addition on Its Mechanical Properties. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 5(2), 33-40.
- Seftiono, H., Aina, Q., & Sumiasin, I. H. (2022). Indicator Film of Natural Coloring of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.) as Detection of Beef Damage. *International Journal of Applied Biology*, 6(1), 79-92.
- Seftiono, H., Pramesti, D. A., & Sumiasih, I. H. (2021). Color Indicator Film from Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.) as Smart Packaging in Broiler Chicken Meat. *International Journal of Applied Biology*, 5(1), 13-25.
- Sganzerla, W. G., Ribeiro, C. P. P., Ulianam, N. R., Rodrigues, M. B. C., da Rosa, C. G., Ferrareze, A. P. L. V., & Nunes, M. R. (2021). Bioactive and pH-Sensitive Films Based on Carboxymethyl Cellulose and Blackberry (*Morus nigra* L.) Anthocyanin-Rich Extract: A Perspective Coating Material to Improve the Shelf Life of Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* L. Var. Cerasiforme). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33, 1-11.
- Singh, A. K., Kim, J. Y., & Lee, Y. S. (2022). Phenolic Compounds in Active Packaging and Edible Films/Coatings: Natural Bioactive Molecules and Novel Packaging Ingredients. *Molecules*, 27, 7513.
- Vonnie, J. M., Rovina, K., Azhar, R. A., Huda, N., Erna, K. H., Felicia, W. X. L., Aqilah, M. N., & Halid, N. F. A. (2023).

- Development and Characterization of Biodegradable Film Derived from Eggshell and Cornstarch. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(67), 1-15.
- Yan, J., Cui, R., Qin, Y., Li, L., & Yuan, M. (2021). A pH Indicator Film Based on Chitosan and Butterfly Pudding Extract for Monitoring Fish Freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*, 177, 328-336.
- Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022). Anthocyanin based pH Sensitive Smart Packaging Films for Monitoring Food Freshness. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100340.