

Pengembangan *smart edible film packaging* berbahan konjac dengan ekstrak bunga rosella dan cangkang telur ayam sebagai bahan aktif

The development of konjac based smart edible film packaging with roselle flower extract and chicken eggshell as active agents

Sergio Gregory ¹⁾, Erni Setijawaty ¹⁾, Ignasius Radix A.P. Jati ^{1)*}

¹ Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia

*Email korespondensi: radix@ukwms.ac.id

Informasi artikel:

Dikirim: 10/01/2024; disetujui: 02/03/2024; diterbitkan: 30/03/2024

ABSTRACT

Edible film is a thin sheet plastic-like biodegradable film that can be used for food packaging material. Edible film can be developed into smart edible film packaging by combining it with smart packaging principles by adding active ingredients. This research aimed to determine the effect of different concentrations of rosella flower extract and chicken eggshell powder on the physicochemical characteristics of smart edible film and its capability to act as smart packaging in a model system. The research design used was a Randomized Block Design with two factors, namely three levels of rosella flower extract concentration and three levels of eggshell powder concentration, all with three replications. The concentration of rosella flower extract used as a treatment in this study was 0 (without rosella flower extract) as a control, 1:15 (w/v of water as solvent), and 1:30 (w/v), while the concentration of eggshell powder used as a treatment in this study was 0 (without eggshell powder) as control; 0.15% (w/v); and 0.30% (w/v). The results showed that the higher the extract concentration added to the formulation, the more the total phenols, anthocyanins, and antioxidant activity would increase. In contrast, the difference in eggshell concentration did not have a significant effect. The tensile strength will increase as the eggshell concentration increases, while the percent elongation will decrease. The water vapor transmission rate (WVTR) decreased with increasing eggshell concentration. There is an increase in color intensity in smart edible packaging used to store steamed chicken meat. Meanwhile, smart edible packaging can prevent damage to steamed chicken meat in terms of color, aroma, and taste.

Keywords: *smart edible film packaging, roselle, eggshell, anthocyanin, antioxidant*

ABSTRAK

Edible film merupakan lembaran tipis menyerupai plastik yang berfungsi untuk melindungi produk pangan yang dikemas dari faktor eksternal dan aman untuk dimakan. *Edible film* dapat dikembangkan menjadi *smart edible film packaging* dengan cara dikombinasikan dengan teknologi *smart packaging* berupa penambahan bahan aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi ekstrak bunga rosella, tepung cangkang telur ayam, serta interaksi antara ekstrak bunga rosella dan tepung cangkang telur ayam terhadap karakteristik fisikokimia *smart edible film packaging* berbasis tepung konjac dan sorbitol sebagai pengemas produk pangan.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor, yaitu tiga perlakuan konsentrasi ekstrak bunga rosella dan tiga perlakuan konsentrasi tepung cangkang telur dengan tiga pengulangan. Konsentrasi ekstrak bunga rosella yang digunakan sebagai perlakuan dalam penelitian ini adalah 0 (tanpa bunga rosella) sebagai kontrol, 1:15 (b/v), dan 1:30 (b/v), sedangkan konsentrasi tepung cangkang telur yang digunakan sebagai perlakuan dalam penelitian ini adalah 0 (tanpa tepung cangkang telur) sebagai kontrol; 0,15% (b/v); dan 0,30% (b/v). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang ditambahkan pada formulasi akan meningkatkan total fenol, antosianin, dan aktivitas antioksidan, sementara itu perbedaan konsentrasi cangkang telur tidak memberikan pengaruh nyata. Kuat tarik akan menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi cangkang telur, demikian juga dengan persen pemanjangan. *Water vapor transmission rate* (WVTR) menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi cangkang telur. Terdapat peningkatan intensitas warna pada *smart edible packaging* yang digunakan untuk menyimpan daging ayam kukus. Sementara itu, penggunaan *smart edible packaging* mampu menghambat kerusakan daging ayam kukus ditinjau dari wana, aroma, dan rasa.

Kata kunci: *smart edible film packaging*, rosella, cangkang telur, antosianin, antioksidan

PENDAHULUAN

Edible film merupakan lembaran tipis menyerupai plastik yang dapat berfungsi sebagai pengemas makanan, buah dan sayur yang berbahan dasar polisakarida, protein, lipid, dan komponen hidrokoloid lain. *Edible film* dapat dikonsumsi dan ramah untuk lingkungan karena mudah terdekomposisi. Kualitas *edible film* dapat ditentukan dari sifat mekaniknya seperti laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate* (WVTR)), *tensile strength*, serta persen pemanjangan (*Elongation*) (Santoso dan Atma 2020). Salah satu senyawa hidrokoloid yang dapat digunakan untuk membuat *edible film* adalah tepung konjac. Peran tepung konjac dalam pembuatan *edible film* adalah sebagai pembentuk gel untuk menyusun struktur lembaran *film*. Menurut Zhou *et al.* (2021), tepung konjac dapat membentuk struktur *film* dikarenakan komponen glukomanan yang memiliki gugus hidroksil yang dapat memerangkap molekul air dan membentuk struktur jaringan *edible film*. Keunggulan tepung konjac sebagai bahan pembuat *edible film* yaitu dapat membentuk *film* yang stabil terhadap asam serta tahan pada garam walaupun dalam konsentrasi yang tinggi

(Liu *et al.*, 2021). Menurut Xu *et al.* (2022), *edible film* berbasis tepung konjac memiliki kelemahan yaitu karakteristik *film* yang kaku dan mudah sobek, sehingga perlu ditambahkan bahan tambahan peningkat tekstur.

Menurut Sanyang *et al.* (2015), *plasticizer* dapat berperan sebagai peningkat tekstur *edible film*. Salah satu jenis *plasticizer* yang dapat digunakan adalah sorbitol. Menurut Harussani *et al.* (2021), penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan karakteristik elastis seperti plastik pada *edible film*. Berdasarkan penelitian Wu *et al.* (2020), *edible film* berbasis tepung konjac dengan penambahan *plasticizer* menghasilkan *edible film* yang fleksibel. *Edible film* dapat dikembangkan menjadi *smart edible film packaging* dengan penambahan bahan aktif untuk menghasilkan *smart edible film packaging* seperti antosianin dari ekstrak bunga rosella. Bahan aktif lain yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan *smart edible film packaging* adalah minyak atsiri sebagai antimikroba (Al-Hijazeen *et al.* 2016) dan ekstrak kunyit putih sebagai antioksidan (Putri, Warkoyo, dan Siskawardani 2022)

Smart packaging atau kemasan pintar

merupakan teknologi pengemasan yang dapat menampilkan karakteristik produk yang disimpan, dan memberikan informasi yang akurat tentang produk dan lingkungan penyimpanannya kepada konsumen (Chen *et al.*, 2020). *Smart packaging* merupakan kombinasi kemasan yang cerdas (*intelligent packaging*) dan aktif (*active packaging*). *Smart packaging* dapat memantau perubahan kondisi produk dan lingkungan penyimpanannya (*intelligent packaging*) serta dapat bereaksi dan memberikan sinyal akibat perubahan tersebut (*active packaging*). Kemasan pintar perlu menggunakan sensor untuk memantau kualitas dan kondisi produk maupun lingkungan. Sensor yang digunakan pada *smart packaging* dapat memantau kualitas dan keamanan produk dengan cara mendeteksi dan menganalisis kesegaran (*freshness*) dan senyawa yang berasal dari pangan yang dikemas (Drago *et al.*, 2020). Bahan yang mengandung komponen bioaktif antosianin dapat ditambahkan sebagai indikator perubahan pH (Boonsiriwit *et al.*, 2022). Bahan aktif yang dapat berfungsi sebagai indikator adalah ekstrak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* Linn.). Selain senyawa yang berperan sebagai indikator, bahan aktif lain yang bisa ditambahkan adalah antimikroba, dan kalsium sebagai penangkap CO₂.

Bunga rosella merupakan sumber antosianin yang berperan sebagai antioksidan serta sumber pigmen warna merah (Banwo *et al.*, 2022). Antioksidan pada *edible film* dapat berfungsi untuk memperlambat oksidasi pangan yang dikemas, karena antioksidan dapat mencegah radikal bebas untuk mengoksidasi bahan pangan yang dikemas. Antosianin pada bunga rosella akan berwarna merah jika bahan yang dikemas memiliki pH rendah (asam), dan intensitas warna merahnya akan menurun seiring bertambahnya pH (basa). *Edible film* dengan indikator antosianin dapat berfungsi sebagai sensor pH yang responsif untuk mendeteksi degradasi kualitas pangan (Ekrami *et al.*, 2022).

Bahan aktif lain yang digunakan untuk menghasilkan *smart edible film packaging* adalah tepung cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam merupakan limbah industri dan rumah tangga yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif. Pada tepung cangkang telur ayam terdapat CaO yang memiliki kemampuan menangkap CO₂ menjadi CaCO₃ (Arnold *et al.*, 2022) Tepung cangkang telur ayam memiliki harga yang murah dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui secara alami (Jiang *et al.*, 2018). Menurut Vonnie *et al.* (2022) tepung cangkang telur ayam sebagai *biofiller* (bahan pengisi yang berasal dari bahan alami) dapat menghasilkan *edible film* dengan kekuatan mekanis yang baik serta meningkatkan kekokohan dan ketebalan *edible film*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak bunga rosella, tepung cangkang telur ayam, serta interaksi antara ekstrak bunga rosella dan tepung cangkang telur ayam terhadap karakteristik fisikokimia *smart edible film packaging* berbasis tepung konjac dan sorbitol sebagai pengemas produk pangan.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat *edible film* adalah sorbitol yang diperoleh dari PT Sorini Agro Asia Corporindo, Cargill dan tepung konjac yang diperoleh dari PT. Ambico, Surabaya dengan kadar air 6,4%, viskositas 22000 mPa.S, dan ukuran partikel 100 mesh. Bahan aktif yang digunakan adalah bunga rosella kondisi kering dan tidak berjamur, berwarna merah tua, dan memiliki kadar air berkisar 10-12% yang diperoleh dari Kota Mojokerto, Jawa Timur dan tepung cangkang telur berwarna putih, berukuran 80 mesh, dan memiliki kadar air 1% diperoleh dari Kota Depok, Jawa Barat yang dijual secara komersial. Bahan yang digunakan untuk analisa terdiri atas akuades, KCl "Supelco", HCl "Honeywell",

HCl pekat “Honeywell”, asam galat “Honeywell”, silica gel, larutan Na₂CO₃ “Merck”, reagen Folin-Ciocalteu “Supelco”, metanol “Supelco”, larutan DPPH “Sigma Aldrich”, NaCl jenuh “Merck”, Na-asetat (CH₃COONa) “Merck”, dan daging ayam kukus bagian dada.

Alat

Alat yang digunakan untuk membuat *smart edible film packaging* dan analisis meliputi timbangan analitik “Ohaus”, timbangan digital, blender, alat gelas, termometer, dan *hygrometer*, vortex “Thermolyne”, spektrofotometer UV-Vis “Shimadzu UV-1800”, *shaking water bath* “Daihan Labtech”, oven “Binder”, *colour reader* “Konica Minolta”, pH meter

“Ohaus”, dan *universal testing machine* “Zwick & Roel”.

Metode/ pelaksanaan

Rancangan penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada pengujian *smart edible film packaging* menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor yaitu penambahan ekstrak bunga rosella dan penambahan tepung cangkang telur yang masing-masing terdiri dari 3 (tiga) level perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali, sehingga diperlukan 27 (dua puluh tujuh) unit eksperimen, seperti tertera pada Tabel 1. Sementara itu formulasi pembuatan *smart edible film* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Rancangan penelitian

Konsentrasi ekstrak bunga rosella	Konsentrasi tepung cangkang telur ayam % (b/v)		
	C ₁ (0/kontrol)	C ₂ (0,15)	C ₃ (0,30)
R ₁ (0/kontrol)	(R ₁ C ₁) ₁	(R ₁ C ₂) ₁	(R ₁ C ₃) ₁
	(R ₁ C ₁) ₂	(R ₁ C ₂) ₂	(R ₁ C ₃) ₂
	(R ₁ C ₁) ₃	(R ₁ C ₂) ₃	(R ₁ C ₃) ₃
R ₂ (1:30 b/v)	(R ₂ C ₁) ₁	(R ₂ C ₂) ₁	(R ₂ C ₃) ₁
	(R ₂ C ₁) ₂	(R ₂ C ₂) ₂	(R ₂ C ₃) ₂
	(R ₂ C ₁) ₃	(R ₂ C ₂) ₃	(R ₂ C ₃) ₃
R ₃ (1:15 b/v)	(R ₃ C ₁) ₁	(R ₃ C ₂) ₁	(R ₃ C ₃) ₁
	(R ₃ C ₁) ₂	(R ₃ C ₂) ₂	(R ₃ C ₃) ₂
	(R ₃ C ₁) ₃	(R ₃ C ₂) ₃	(R ₃ C ₃) ₃

Tabel 2. Formulasi pembuatan edible film

Bahan	Perlakuan								
	R ₁ C ₁	R ₁ C ₂	R ₁ C ₃	R ₂ C ₁	R ₂ C ₂	R ₂ C ₃	R ₃ C ₁	R ₃ C ₂	R ₃ C ₃
Tepung konjac 1,5% (b/v) (g)*	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Sorbitol 1% (v/v) (mL)*	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Air (mL)	800	800	800	-	-	-	-	-	-
Ekstrak bunga rosella (mL)	-	-	-	800	800	800	800	800	800
Tepung cangkang telur (g)	-	1,2	2,4	-	1,2	2,4	-	1,2	2,4

*Keterangan: persentase tepung konjac dan sorbitol berdasarkan air/ekstrak bunga rosella yang digunakan

Penyiapan ekstrak bunga rosella

Bunga rosella kering dihancurkan menggunakan *chopper* selama 1 menit. Selanjutnya ditambahkan air panas bersuhu 60 °C dan diekstraksi dalam *water bath shaker* selama 30 menit. Ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring

Whatman no 42 dan filtrat dipergunakan dalam pembuatan *smart edible film*.

Pembuatan edible film

Mengacu metode Ekrami *et al.* (2022), ekstrak bunga rosella dipanaskan hingga suhu 85°C dan ditambahkan 1,5% konjac, cangkang telur ayam, dan 1% sorbitol.

Dilakukan pengadukan dalam water bath selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan pencetakan 80 mL larutan dengan ukuran 10 x 15 cm pada cetakan aluminium. Cetakan dikeringanginkan pada suhu $21 \pm 2^\circ\text{C}$ dan RH $44 \pm 5\%$ selama 72 jam. Setelah kering, *edible film* dilepas dari cetakan dan disimpan pada kemasan kedap berisi silika gel.

Ekstraksi sampel

Metode ekstraksi dilakukan berdasarkan acuan dari Santoso *et al.* (2022). *Smart edible film packaging* dipotong ukuran kecil dan ditimbang sebanyak 1 g dalam gelas beker. Kemudian 20 mL aquades dan 10 mL metanol dimasukkan ke dalam gelas beker. Campuran selanjutnya diaduk dan diletakkan dalam shaking waterbath selama 1 jam pada suhu 40°C dan kecepatan 125

rpm. Dilakukan penyaringan menggunakan Whatman no. 42. Filtrat disimpan dalam botol kaca coklat pada suhu dingin sampai dipergunakan.

Analisis total komponen fenolik

Mengacu penelitian Jati *et al.* (2022), sebanyak 1 mL ekstrak dicampur dengan 0,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* dalam tabung reaksi yang ditutup aluminium foil. Campuran didiamkan selama 8 menit dan ditambahkan 4,5 mL Na_2CO_3 2%. Campuran dihomogenkan dengan vortex dan disimpan dalam ruang gelap selama 1 jam. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm. Hasil absorbansi diplot pada kurva standar dan *Total Phenolic Content* (TPC) sampel dinyatakan dalam mg ekuivalen asam galat ekuivalen/g sampel (mg GAE/g sampel *smart edible film packaging*) berdasarkan persamaan:

$$\text{TPC} \left(\frac{\text{mg GAE}}{\text{g sampel}} \right) = \frac{\text{total fenol (ppm)}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{\text{sampel (mL)}}{\text{sampel (g)}} \times \text{FP}$$

Analisis total antosianin

Analisis dilakukan mengacu penelitian sebelumnya (Jati *et al.*, 2022). Masing-masing 1 mL ekstrak dimasukkan ke dalam 2 tabung reaksi yang berbeda (tabung A dan B) dan ditambahkan 10 mL

larutan buffer pH 1 ke dalam tabung A dan 10 mL larutan buffer pH 4,5 ke dalam tabung B. Campuran dihomogenkan menggunakan vortex dan absorbansi diukur pada panjang gelombang 530 dan 700 nm. Perhitungan absorbansi sampel menggunakan persamaan:

$$A = \left(A_{530 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}} \right)_{\text{pH } 1,0} - \left(A_{530 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}} \right)_{\text{pH } 4,5}$$

Sementara perhitungan total antosianin dengan persamaan

$$\text{Total antosianin} = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF}}{\epsilon \times l} \times \frac{\text{sampel (mL)}}{\text{sampel (g)}} \times 100 \text{ g}$$

A = absorbansi sampel

MW = berat molekul cyanidin-3-glucoside (449,2 g/mol)

DF = faktor pengenceran

ϵ = absorptivitas molar cyanidin-3-glucoside (26.900 L/mol.cm)

l = lebar kuvet (1 cm)

Pengujian aktivitas antioksidan metode DPPH

Sebanyak 0,25 mL sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 0,5 mL larutan 0,1 mM DPPH dan 4 mL methanol. Campuran

dihomogenkan dan disimpan dalam ruang gelap selama 30 menit. Absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan dinyatakan sebagai persen *radical scavenging activity* (RSA) (Jati,

Nohr, dan Konrad Biesalski 2014) dan dihitung berdasarkan persamaan:

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

Analisis kuat tarik

Pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D-882 yang merupakan metode pengujian standar untuk menentukan sifat kekuatan tarikan plastik. Sampel yang diuji berbentuk strip panjang dengan lebar dan ketebalan sesuai standar, memiliki tepi-tepi yang sejajar, dan disimpan dalam kondisi yang sesuai sebelum pengujian (suhu dan kelembaban yang sesuai). Sampel dipotong menjadi ukuran 145 x 10 mm. Sampel diuji dengan menggunakan mesin uji tarik dimana *smart edible film packaging* ditarik dari kedua ujungnya menggunakan grip dengan kecepatan dan jarak jepit tertentu hingga sampel putus. Nilai uji kuat tarik film dinyatakan dalam tekanan per unit area (N/mm^2).

Analisis persen pemanjangan

Preparasi sampel dilakukan dengan cara diukur dan dipotong menjadi ukuran 145 x 10 mm. Setiap sampel diuji dengan menggunakan mesin uji tarik dimana *smart*

edible film packaging ditarik dari kedua ujungnya menggunakan grip dengan kecepatan dan jarak jepit tertentu hingga sampel putus. Persen pemanjangan *smart edible film packaging* dapat dihitung dengan persamaan (Santoso and Atma 2020):

$$\% \text{ elongasi} = \frac{b-a}{a} \times 100\%$$

a = panjang *smart edible film packaging* awal

b = panjang *smart edible film packaging* saat sobek

Analisis water vapor transmission rate (WVTR)

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Al-Hassan dan Norziah, 2012), sebanyak 10 g *silica gel* dimasukkan ke dalam gelas sloki dan segera ditutup dengan merekatkan sampel potongan *smart edible film packaging*. Kemudian gelas sloki diletakkan dalam desikator berisi larutan NaCl jenuh. (RH = 75%) pada suhu $27 \pm 3^\circ C$. Dilakukan penimbangan *silica gel* setiap hari selama 5 hari. Nilai WVTR dihitung dengan persamaan:

$$WVTR = \frac{\text{Slope kenaikan berat silica gel} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Luas permukaan mulut gelas sloki} (m^2)}$$

Pengujian kemampuan sebagai smart packaging pada model daging ayam kukus

Daging ayam bagian dada dipotong dengan ukuran 2x2x2 cm, kemudian kukus selama 10 menit. Daging ayam kukus ditiriskan dan dimasukkan dalam wadah plastik dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 5 cm. Wadah ditutup dengan *smart edible packaging* yang direkatkan. Wadah selanjutnya disimpan selama 72 jam. Dilakukan pengamatan warna *smart edible film packaging* menggunakan *color reader* setiap 24 jam.

Analisa data

Data yang diperoleh dianalisis

menggunakan ANOVA ($\alpha = 5\%$) dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT). Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 23.

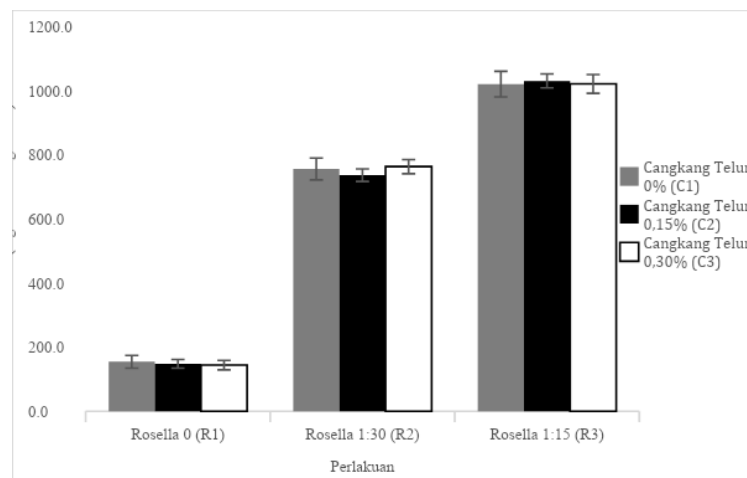
HASIL DAN PEMBAHASAN

Total komponen fenolik

Berdasarkan hasil pengujian, total fenol *smart edible film packaging* berkisar 144,3244-1.052,7778 mg GAE/100 g sampel. Terdapat pengaruh penambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi yang berbeda terhadap total fenol *smart*

edible film packaging, dan penambahan tepung cangkang telur ayam dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan

pengaruh nyata. Hasil pengujian total fenol *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 1.



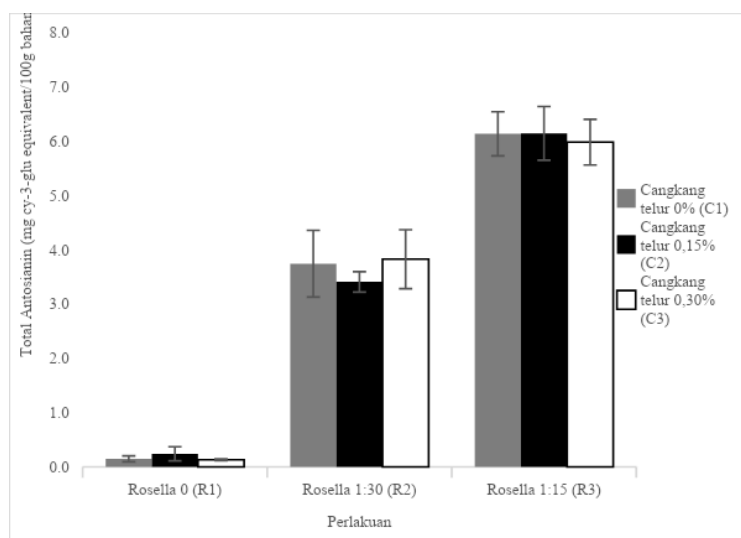
Gambar 1. Hasil pengujian total fenol *smart edible film packaging*

Penambahan tepung cangkang telur ayam tidak berpengaruh nyata pada nilai total fenol *smart edible film packaging* karena tepung cangkang telur ayam tidak memiliki senyawa fenolik. Pada perlakuan R1C1 yang tidak berbeda nyata dengan R1C2 dan R1C3 masih terdeteksi senyawa fenolik. Tepung konjac mengandung tanin yang merupakan senyawa fenolik (Zhou *et al.*, 2021). Semakin kecil perbandingan bunga rosella dengan air (1:15), maka semakin banyak bunga rosella yang terekstrak dan semakin banyak kandungan total fenol yang terdapat pada *smart edible film packaging*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mondal *et al.*

(2022), dimana penambahan ekstrak ganggang hijau konsentrasi 0 - 28% pada *edible film* berbasis kitosan akan menghasilkan nilai total fenol sebesar 97,96 - 423,50 mg GAE/100 g sampel.

Total antosianin

Total antosianin pada *smart edible film packaging* berkisar antara 0,1322-6,2137 mg *cyandin-3-glucoside*/100 g. Terdapat pengaruh penambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi yang berbeda terhadap total antosianin dan tidak ada pengaruh penambahan tepung cangkang telur dengan konsentrasi yang berbeda Hasil pengujian total antosianin *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 2.



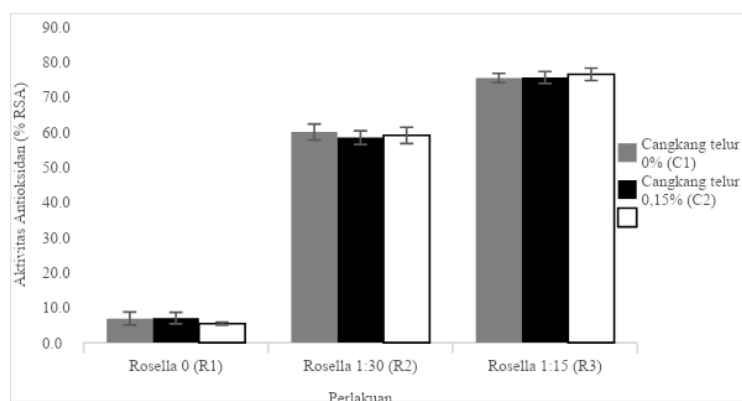
Gambar 2. Histogram hasil pengujian total antosianin *smart edible film packaging*

Nilai total antosianin *smart edible film packaging* tidak berpengaruh nyata pada perlakuan penambahan tepung cangkang telur ayam karena tepung cangkang telur ayam tidak memiliki komponen antosianin. Semakin kecil perbandingan bunga rosella dengan air (1:15), maka semakin banyak bunga rosella yang terekstrak dan semakin banyak kandungan total antosianin yang terdapat pada *smart edible film packaging*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmadhia *et al.*, 2022), dimana penambahan ekstrak ubi ungu konsentrasi 0-15% pada *edible film* berbasis pati singkong akan menghasilkan nilai total antosianin sebesar 78-699,7 mg *cyandin-3-glucoside*/100 g sampel. Pada penelitian *edible film* berbahan dasar gelatin dan gum persia yang telah dilakukan oleh (Arab *et al.*, 2023) juga menunjukkan bahwa penambahan ekstrak wortel ungu konsentrasi 0-45% akan menghasilkan nilai total antosianin sebesar 51,6667-239,4667 mg *cyandin-3-glucoside*/100 g sampel.

Nilai total antosianin berbanding lurus dengan nilai total fenol, karena antosianin merupakan kelompok senyawa flavonoid dominan pada ekstrak bunga rosella (Aryati *et al.*, 2020). Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ekrami *et al.* (2022), di mana penambahan ekstrak bunga saffron dengan konsentrasi 0-10% akan meningkatkan total fenol (7,57-158,99 m GAE/100 g) dan total antosianin (0-8,02 mg *cyandin-3-glucoside*/100 g) pada *edible film* berbahan dasar tepung salep kuning.

Aktivitas antioksidan metode DPPH

Aktivitas antioksidan *smart edible film packaging* berkisar antara 5,4113-76,4378%. Terdapat pengaruh penambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi yang berbeda terhadap aktivitas antioksidan *smart edible film packaging* dan tidak ada pengaruh penambahan tepung cangkang telur Hasil pengujian aktivitas antioksidan *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 3.



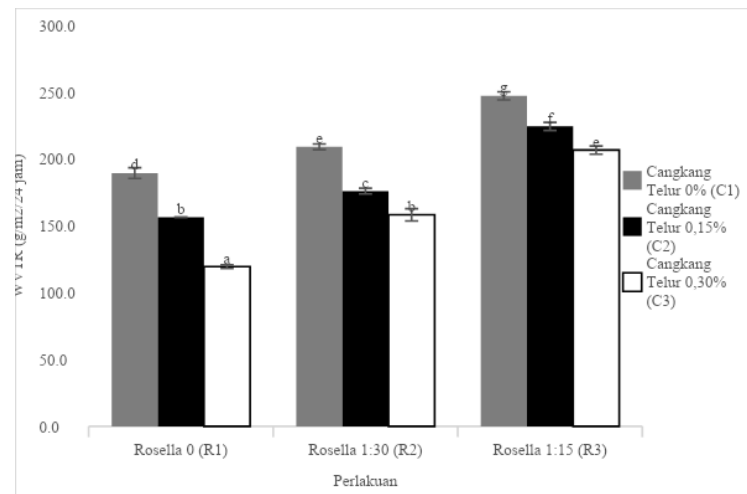
Gambar 3. Histogram hasil pengujian aktivitas antioksidan *smart edible film packaging*

Nilai aktivitas antioksidan *smart edible film packaging* tidak dipengaruhi oleh perlakuan penambahan tepung cangkang telur ayam karena tepung cangkang telur ayam tidak memiliki komponen bersifat antioksidan. Semakin kecil perbandingan bunga rosella dengan air (1:15), maka semakin banyak bunga rosella yang terekstrak dan semakin banyak komponen-komponen bersifat antioksidan yang terdapat pada *smart edible film packaging*. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Fortin *et al.* (2023), dimana penambahan ekstrak kayu secang konsentrasi 0-10% pada *edible film* berbasis natrium kaseinat akan menghasilkan nilai aktivitas antioksidan sebesar 1,678-24,170%. Bhatia *et al.* (2023) juga menunjukkan bahwa penambahan ekstrak ficus konsentrasi 0-1,5% pada *edible film* berbasis kitosan dan sodium alginat akan menghasilkan nilai aktivitas antioksidan sebesar 9,12-36,02%. Peningkatan nilai

aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan peningkatan nilai total fenol dan antosianin. Senyawa fenolik yang termasuk dalam kelompok fenol dapat mendonorkan atom hidrogen dari gugus hidroksilnya kepada radikal bebas DPPH yang dapat membentuk senyawa DPPH tereduksi (DPPH-H) yang stabil. Aktivitas antioksidan antosianin berhubungan dengan jumlah hidroksil bebas di sekitar cincin *pyrone*, semakin mudah suatu senyawa teroksidasi berarti semakin baik kemampuan antioksidannya karena molekulnya dapat dengan mudah menyumbangkan elektron bebas atau atom hidrogen pada radikal bebas (Amperawati *et al.* 2019).

Water vapor transmission rate (WVTR)

WVTR pada *smart edible film packaging* berkisar antara 119,49-247,32 g/m²/24 jam. Hasil pengujian WVTR *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 4.



Keterangan: Perbedaan notasi menunjukkan adanya beda nyata ($\alpha=5\%$)
 Gambar 4. Histogram hasil pengujian WVTR *smart edible film packaging*

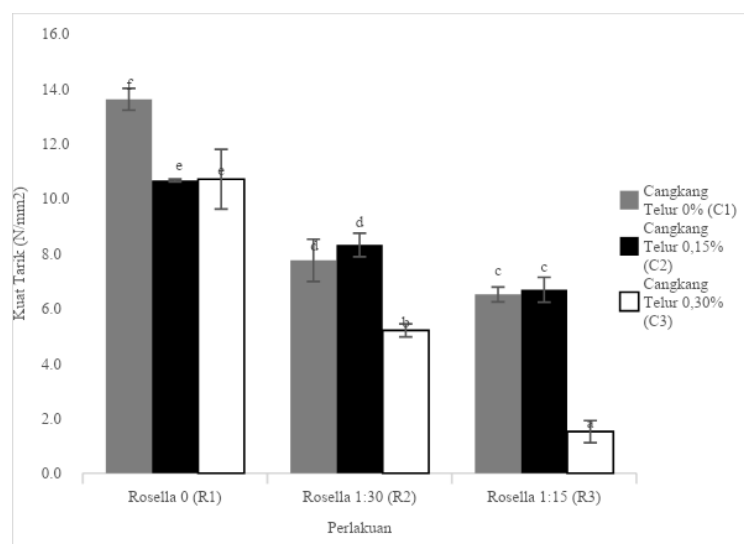
Nilai WVTR tertinggi pada perlakuan R2C1, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan R3C1. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga rosella maka nilai WVTR pada *smart edible film packaging* akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan ekstrak bunga rosella memiliki senyawa fenolik yang bersifat hidrofilik (Santoso *et al.*, 2022). Komponen hidrofilik dapat menurunkan tegangan antar molekul pada matriks dan menyebabkan ruang antar molekul semakin besar sehingga uap air dapat menembus *smart edible film packaging* (Putri *et al.*, 2022). Apabila ekstrak bunga rosella semakin tinggi, maka nilai WVTR juga semakin tinggi komponen hidrofilik yang terekstrak pada *smart edible film packaging*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.* (2022) dimana penambahan ekstrak bunga rosella konsentrasi 2-6% pada *edible film* berbasis pati ganyong akan

menghasilkan nilai WVTR sebesar 14,25-16,35 g/m²/24 jam.

Sementara itu, semakin tinggi konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang ditambahkan maka nilai WVTR pada *smart edible film packaging* akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena tepung cangkang telur dapat membentuk ikatan silang (*cross-linking*) karena adanya ion Ca²⁺ dengan matriks *smart edible film packaging* (Vonnice *et al.*, 2022). Semakin rapat matriks *smart edible film packaging* maka uap air akan semakin susah untuk menembus *smart edible film packaging* sehingga nilai WVTR akan semakin kecil.

Kuat tarik

Nilai kuat tarik pada *smart edible film packaging* berkisar antara 1,511-13,611 N/mm². Hasil pengujian WVTR *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 5.



Keterangan: Perbedaan notasi menunjukkan adanya beda nyata ($\alpha = 5\%$)
 Gambar 5. Histogram hasil pengujian kuat tarik *smart edible film packaging*

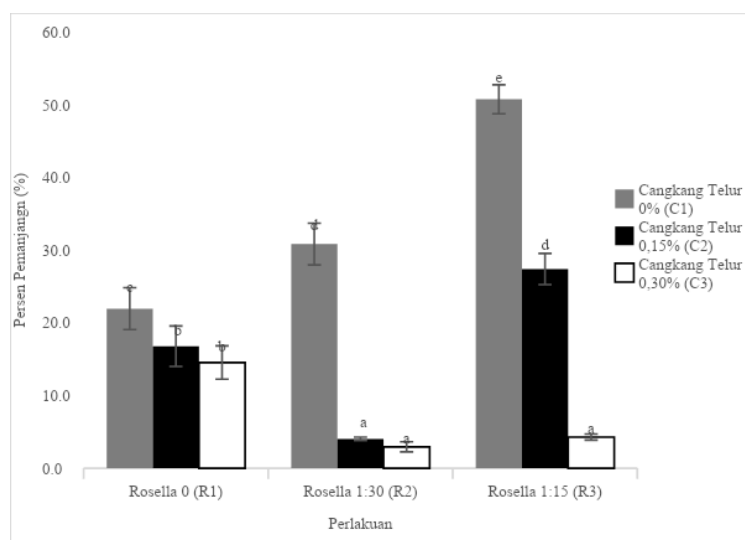
Nilai kuat tarik tertinggi pada perlakuan R1C1, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan R2C3. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga rosella maka nilai kuat tarik pada *smart edible film packaging* akan semakin rendah. Senyawa fenolik yang berperan sebagai komponen hidrofilik pada ekstrak bunga rosella dapat membentuk ikatan hidrogen yang dapat menggantikan ikatan hidrogen konjac dengan air (Rahmawati *et al.*, 2022). Semakin melemahnya jaringan *film* menyebabkan nilai kuat tarik semakin rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ningsih *et al.* (2021), dimana penambahan ekstrak bunga rosella konsentrasi 1,5-3% pada *edible film* berbasis pati biji nangka akan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar $4,11 \times 10^{-3}$ - $3,33 \times 10^{-3}$ N/mm². Penelitian yang dilakukan oleh Aydin dan Zorlu (2022), dimana penambahan ekstrak bunga rosella

konsentrasi 0-3% pada *edible film* berbasis alginat akan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 39,78-5,58 N/mm².

Semakin tinggi konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang ditambahkan maka nilai kuat tarik pada akan semakin rendah. Penambahan tepung cangkang telur ayam dapat menurunkan kuat tarik akibat terbentuknya rongga yang mengakibatkan kerapuhan. Menurut Nata *et al.* (2020), pada konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang berlebih akan menurunkan nilai kuat tarik dikarenakan terlalu banyak *filler* pada yang dapat menurunkan elastisitas *smart edible film packaging*.

Persen pemanjangan

Persen pemanjangan pada *smart edible film packaging* berkisar antara 2,94-50,75%. Hasil pengujian persen pemanjangan *smart edible film packaging* disajikan pada Gambar 6.



Keterangan: Perbedaan notasi menunjukkan adanya beda nyata ($\alpha=5\%$)
 Gambar 6. Histogram hasil pengujian kuat tarik *smart edible film packaging*

Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga rosella maka nilai persen pemanjangan pada *smart edible film packaging* akan semakin meningkat. Persen pemanjangan dari suatu *smart edible film packaging* bergantung pada ikatan intermolekuler diantara rantai molekul polimer (Juliani *et al.*, 2022). Komponen hidrofobik dapat mengurangi nilai persen pemanjangan *smart edible film packaging*, sedangkan komponen hidrofilik dapat meningkatkan nilai persen pemanjangan *smart edible film packaging* (Santoso *et al.*, 2022). Komponen fenolik pada ekstrak bunga rosella bersifat hidrofilik yang dapat meningkatkan nilai persen pemanjangan *smart edible film packaging* dengan membentuk ikatan hidrogen dengan air. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ningsih *et al.* (2021), dimana penambahan ekstrak bunga rosella konsentrasi 1,5-3% pada *edible film* berbasis pati biji nangka akan menghasilkan nilai persen pemanjangan sebesar 101,53-126,36 %. Penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.* (2022) dimana penambahan ekstrak





































bunga rosella konsentrasi 2-6% pada *edible film* berbasis pati ganyong akan menghasilkan nilai persen pemanjangan sebesar 19,90–27,01 %.

Sementara, semakin tinggi konsentrasi tepung cangkang telur ayam yang ditambahkan maka nilai persen pemanjangan pada *smart edible film packaging* akan semakin rendah akibat ion Ca^{2+} yang terdapat pada tepung cangkang telur ayam dapat membentuk ikatan *cross-linking* dengan matriks hidrokoloid, sehingga dapat menurunkan elastisitas *smart edible film packaging* (Jiang *et al.*, 2018). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nata *et al.* (2020), dimana penambahan tepung cangkang telur ayam konsentrasi 0-30% pada *edible film* berbasis pati singkong akan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 27-15%.

Perubahan warna *smart edible film*

Perubahan warna *smart edible film packaging* selama tiga hari penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan warna *smart edible film packaging* selama tiga hari penyimpanan

Perlakuan	Hari	Parameter Warna					Warna
		L	a*	b*	C*	°Hue	
R1C1	0	77,2±1,0	-0,7±0,1	-0,4±0,3	0,8±0,3	33,7±7,9	
	1	77,1±2,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,3±0,2	45,0±9,2	
	2	78,2±0,8	-0,3±0,1	-0,2±0,1	0,4±0,1	38,4±12,8	
	3	79,4±2,0	0,2±0,2	0,3±0,5	0,5±0,4	48,5±14,1	
R1C2	0	73,1±0,6	0,6±0,1	1,0±0,3	1,2±0,4	61,6±5,0	
	1	73,6±0,4	0,5±0,2	1,5±0,2	1,6±0,2	73,2±5,9	
	2	73,1±0,5	0,2±0,3	0,9±2,5	2,2±0,4	83,1±2,4	
	3	73,0±1,4	0,2±0,1	2,5±0,6	2,5±0,6	82,7±4,5	
R1C3	0	70,9±0,3	0,5±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1	71,1±4,0	
	1	69,6±1,0	0,3±0,1	0,9±0,3	0,9±0,3	71,9±4,6	
	2	70,8±0,3	0,4±0,3	2,5±0,2	2,5±0,2	80,8±5,9	
	3	71,1±0,5	0,3±0,1	2,5±0,3	2,6±0,3	82,6±2,7	
R2C1	0	42,9±0,3	49,5±0,8	7,8±0,3	50,1±0,7	8,9±0,5	
	1	43,4±0,9	46,6±0,7	4,1±0,3	46,8±0,6	5,0±0,4	
	2	42,8±0,8	41,4±3,8	1,6±0,3	41,4±3,8	2,3±0,6	
	3	43,3±1,0	35,6±4,7	0,2±0,0	35,6±4,7	0,3±0,1	
R2C2	0	40,4±0,2	44,9±0,8	4,7±0,3	45,2±0,8	6,0±0,5	
	1	39,5±2,0	40,7±0,4	3,2±0,9	40,8±0,4	4,5±1,2	
	2	38,7±1,5	35,8±0,4	2,2±1,0	35,9±0,4	3,4±1,5	
	3	38,8±0,7	30,0±0,8	1,3±0,6	30,0±0,8	2,4±1,1	
R2C3	0	35,8±0,5	35,3±0,4	4,0±0,7	35,5±0,4	6,4±1,2	
	1	35,0±0,8	27,4±2,5	3,0±1,5	27,5±2,5	6,2±3,0	
	2	34,8±0,8	22,2±1,7	2,0±0,8	22,3±1,7	5,1±2,2	
	3	35,0±0,4	20,4±1,3	0,7±0,2	20,4±1,3	1,9±0,5	
R3C1	0	38,5±2,0	50,4±0,1	9,5±0,9	51,3±0,3	10,6±1,0	
	1	40,2±1,3	45,2±1,0	8,0±0,3	45,9±1,0	10,0±0,2	
	2	39,2±1,5	39,3±3,4	5,8±0,7	39,7±3,5	8,4±0,4	
	3	39,5±1,7	30,6±0,6	2,4±0,5	30,7±0,6	4,4±0,8	
R3C2	0	37,2±1,3	42,4±0,3	9,2±0,7	43,4±0,4	12,3±0,8	
	1	37,6±1,6	42,5±0,7	5,8±0,6	42,9±0,6	7,8±0,9	
	2	36,7±1,5	37,5±0,7	4,8±0,4	37,8±0,8	7,3±0,4	
	3	36,5±1,7	20,6±0,6	2,4±0,5	20,8±0,5	6,8±1,6	
R3C3	0	35,7±0,6	37,3±1,2	9,2±0,6	38,4±1,3	13,9±0,5	
	1	34,7±1,2	29,6±0,5	5,4±1,0	30,1±0,7	10,3±1,7	
	2	33,0±0,9	25,8±0,2	4,0±0,2	26,1±0,3	8,7±0,4	
	3	35,4±0,7	20,5±0,4	1,6±0,2	20,6±0,4	4,5±0,5	

Semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga rosella maka *smart edible film packaging* akan semakin berwarna merah gelap ditandai dengan menurunnya nilai *lightness* (L) dan meningkatnya nilai *redness* (a^*). Nilai *chroma* (C) yang meningkat menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bunga rosella dapat memberikan warna yang kuat pada *smart edible film packaging*. Menurut Anggisia *et al.* (2016), perbedaan intensitas warna merah disebabkan oleh perbedaan konsentrasi ekstrak bunga rosella, dimana semakin banyak ekstrak bunga rosella maka semakin banyak jumlah antosianin pada *smart edible film packaging*.

Tabel 1. juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung cangkang telur ayam maka *smart edible film packaging* semakin kusam yang ditandai dengan nilai *lightness* (L), *redness* (a^*), *yellowness* (b^*), dan *chroma* (C) yang semakin menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tepung cangkang telur ayam memiliki pH basa yaitu $8,65 \pm 0,02$. Menurut Anggisia *et al.* (2016), antosianin ekstrak bunga rosella akan berubah menjadi ungu jika pH nya meningkat. Hal ini menyebabkan penambahan tepung cangkang telur ayam akan menghasilkan *smart edible film packaging* (R2C1 hari ke-0 dengan R2C3 hari ke-0) yang cenderung berwarna merah keunguan.

Pada *smart edible film packaging* perlakuan R2 dan R3 (ekstrak rosella 1:30 dan 1:15) terdapat peningkatan intensitas warna ungu yang diakibatkan oleh aktivitas bakteri pembusuk pada daging ayam selama penyimpanan. Bakteri pembusuk yang paling sering ditemukan pada daging ayam adalah *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, dan *Listeria monocytogenes* (Sangadji *et al.*, 2019). Semakin lama waktu penyimpanan, maka semakin banyak jumlah dan aktivitas bakteri pembusuk yang dapat menurunkan kualitas daging ayam yang dikemas. Bakteri pembusuk dapat menyebabkan dekomposisi protein menjadi peptida dan asam amino, lalu terjadi pelepasan gugus amin sehingga

terbentuk gas amonia (NH_3) (Dangur *et al.*, 2020). Gas amonia yang bersifat basa dan volatil akan meningkatkan pH daging ayam serta lingkungan penyimpanannya sehingga gas amonia dapat meningkatkan pH *smart edible film packaging*. Peningkatan pH dapat merubah warna *smart edible film packaging* yang awalnya berwarna merah pada pH asam (kation flavilium), menjadi ungu pada pH netral (quinonoid), lalu menjadi hijau atau kuning pada pH basa (kalkon) (Khoo *et al.*, 2017). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ekrami *et al.* (2022), yang menunjukkan adanya perubahan warna pada *edible film* berbasis tepung salep dengan penambahan ekstrak bunga saffron yang digunakan untuk mendeteksi penurunan kualitas ikan *fillet*.

KESIMPULAN

Ekstrak rosella yang ditambahkan pada formulasi akan meningkatkan total fenol, antosianin, dan aktivitas antioksidan, sementara itu perbedaan konsentrasi cangkang telur tidak memberikan pengaruh nyata. Kuat tarik akan menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi cangkang telur, demikian juga dengan persen pemanjangan. *Water vapor transmission rate* (WVTR) menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi cangkang telur. Terdapat terdapat peningkatan intensitas warna pada *smart edible packaging* yang digunakan untuk menyimpan daging ayam kukus. Oleh karena itu penambahan ekstrak bunga telang dan cangkang telur berpotensi untuk meningkatkan karakteristik kualitas *smart edible film* berbasis konjac

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

- Agustiarini, V., & Dina, P. W. (2022). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol-air (1:1) bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), 163–167.
- Al-Hassan, A. A., & Norziah, M. H. (2012). Starch–gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 108–117.
- Al-Hijazeen, Marwan, Eun, L., Aubrey, M., & Dong, A. (2016). Effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare* subsp. *Hirtum*) on the storage stability and quality parameters of ground chicken breast meat. *Antioxidants*, 5(2), 18.
- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1), 38–45.
- Anggistia, M. D., Widiyandari, H., & Anam, K. (2016). Identifikasi dan kuantifikasi antosianin dari fraksi bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) dan pemanfaatannya sebagai zat warna dye-sensitized solar cell (DSSC). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 50–57.
- Arab, M. S., Lashkari, H., Niakousari, M., & Eskandari, M. H. (2023). An antioxidant and intelligent pH-sensitive composite film based on gelatin and persian gum using purple carrot extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(1), 1–12.
- Arnold, M., Yolanda, V. R., Andrzej, S., Bartosz, K., Anna, B., Joanna, S., Natalia, W., & Anna, G. (2022). Innovative application of chicken eggshell calcium to improve the functional value of gingerbread. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4195.
- Aryati, D. L., Rohadi, & Pratiwi, E. (2020). Aktivitas antioksidan ekstrak kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) merah pada berbagai suhu pemanasan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1–9.
- Aydin, G., & Zorlu, E. B. (2022). Characterisation and antibacterial properties of novel biodegradable films based on alginate and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Waste and biomass valorization*, 13(6), 2991–3002.
- Banwo, K., Abiodun, S., Dipayan, S., Oluwatosin, A., & Kalidas, S. (2022). Phenolics-linked antioxidant and anti-hyperglycemic properties of edible roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) calyces targeting type 2 diabetes nutraceutical benefits in vitro. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6:660831.
- Bhatia, S., Al-harrasi, A., Shah, Y. A., Jawad, M., & Aydemir, L. Y. (2023). Physicochemical characterization and antioxidant properties of chitosan and sodium alginate based films incorporated with ficus extract. *Polymers*, 15(1), 1–14.
- Boonsiriwit, A., Itkor, P., Sirieawphikul, C., & Lee, Y. S. (2022). Characterization of natural anthocyanin indicator based on cellulose biocomposite film for monitoring the freshness of chicken tenderloin. *Molecules*, 27(9), 1–16.
- Chen, S., Brahma, S., Mackay, J., Cao, C., & Aliakbarian, B. (2020). The role of smart packaging systems in the food supply chain. *Journal of Food Science*, 85(3), 517–525.
- Dangur, S. T., Kallau, N. H. G., & Wuri, D. A. (2020). Pengaruh infusa daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai preservatif alami terhadap kualitas daging babi. *Jurnal Kajian Veteriner*, 8(1), 1–23.
- Drago, E., Roberta, C., Margherita, P., & Patrizia, P. (2020). Innovations in

- smart packaging concepts for food: an extensive review. *Foods*, 9(11), 1628.
- Ekrami, M., Roshani-Dehlaghi, N., Ekrami, A., Shakouri, M., & Emam-Djomeh, Z. (2022). pH-responsive color indicator of saffron (*Crocus sativus* L.) anthocyanin-activated salep mucilage edible film for real-time monitoring of fish fillet freshness. *Chemistry (Switzerland)*, 4(4), 1360–1381.
- Fortin, G. A., Sutiknyawati, Y., Dewi, K., & Hartanti, L. (2023). Physicochemical characteristics of edible film sodium caseinate with sappan wood extract addition. *Food Science Journal*, 5(1), 26–36.
- Harussani, M. M., Sapuan, S. M., Firdaus, A. H. M., El-Badry, Y. A., Hussein, E. E., & El-Bahy, Z. M. (2021). Determination of the tensile properties and biodegradability of cornstarch-based biopolymers plasticized with sorbitol and glycerol. *Polymers*, 13(21), 3709.
- Jati, I. R. A. P., Darmoatmodjo, L. M. Y. D., Suseno, T. I. P., Ristiarini, S., & Wibowo, C. (2022). Effect of processing on bioactive compounds, antioxidant activity, physicochemical, and sensory properties of orange sweet potato, red rice, and their application for flake products. *Plants*, 11(3), 440.
- Jati, I. R. A. P., Nohr, D., & Biesalski, H. K. (2014). Nutrients and antioxidant properties of Indonesian underutilized colored rice. *Nutrition & Food Science*, 44(3), 193–203.
- 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.
- Juliani, D., Suyatma, N. E., & Taqi, F. M. (2022). Pengaruh waktu pemanasan, jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap karakteristik edible film k-karagenan. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 10(1), 29–40.
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, 61(1), 1-21.
- Liu, Z., Lin, D., Shen, R., Zhang, R., Liu, L., & Yang, X. (2021). Konjac glucomannan-based edible films loaded with thyme essential oil: physical properties and antioxidant-antibacterial activities. *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100700.
- Mondal, K., Bhattacharjee, S. K., Mudenur, C., Ghosh, T., Goud, V. V., & Katiyar, V. (2022). Development of antioxidant-rich edible active films and coatings incorporated with de-oiled ethanolic green algae extract: a candidate for prolonging the shelf life of fresh produce. *RSC Advances*, 12(21), 13295–13313.
- Nata, I. F., Irawan, C., Adawiyah, M., & Ariwibowo, S. (2020). Edible film cassava starch/eggshell powder composite containing antioxidant: preparation and characterization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 524, 012008.
- Ningsih, P., Rahmawati, S., Santi, N. M. N., Suherman, & Diah, A. W. M. (2021). Making edible film from jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) with the addition of rosella flower extract (*Hibiscus sabdariffa* L.) as antioxidant. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 16(6), 691–99.
- Putri, C. I., Warkoyo, W., & Siskawardani, D. D. (2022). Karakteristik edible film berbasis pati bentul (*Colocasia esculenta* (L) Schoott) dengan penambahan gliserol dan filtrat kunyit putih (*Curcuma zedoaria* Rosc). *Food Technology and Halal Science Journal*, 5(1), 109–24.
- Rahmadhia, S. N., Yanas, A. S., Titisari, J., & Whidah, M. R. (2022). Intelligent packaging as a pH-indicator based on cassava starch with addition of purple

- sweet potato extract (*Ipomoea Batatas L.*). *Journal of Functional Food and Nutraceutical*, 4(1), 37–47.
- Rahmawati, S., Pathuddin, S. N., Sangkota, V. D. A., Afadil, Anggraini, & Syawaliah, N. (2022). Characteristics and antioxidants of edible film from durian seeds (*Durio Zibethinus*) with additions to rosella flower extract (*Hibiscus Sabdariffa L.*). *Materials Today: Proceedings*, 65(1), 3109–3115.
- Sangadji, I., Jurianto, J., & Rijal, M. (2019). Lama penyimpanan daging ayam broiler terhadap kualitasnya ditinjau dari kadar protein dan angka lempeng total bakteri. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(1), 47-58.
- Santoso, R. A., & Atma, Y. (2020). Physical properties of edible films from pangasius catfish bone gelatin-breadfruits starch with different formulations. *Indonesian Food Science & Technology Journal*, 3(2), 42–47.
- Santoso, D. A. W., Rosidah, U., & Hermanto, H. (2022). The effect of incorporation of gambier filtrate and rosella flower petals extract on mechanical properties and antioxidant activity of canna starch based active edible film. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16(1), 388–397.
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2015). Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch. *Polymers*, 7(6), 1106–1124.
- Vonnie, J. M., Rovina, K., Azhar, R. A., Huda, N., Erna, K. H., Felicia, W. X. L., Nur'Aqilah, M. N., & Abdul Halid, N. F. (2022). Development and characterization of the biodegradable film derived from eggshell and cornstarch. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(2), 67-82.
- Wu, C., Li, Y., Sun, J., Lu, Y., Tong, C., Wang, L., Yan, Z., & Pang, J. (2020). Novel konjac glucomannan films with oxidized chitin nanocrystals immobilized red cabbage anthocyanins for intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*, 98, 105245.
- Xu, W., Jia, Y., Wei, J., Ning, Y., Sun, H., Jiang, L., Chai, L., Luo, D., Cao, S., & Shah, B. R. (2022). Characterization and antibacterial behavior of an edible konjac glucomannan/soluble black tea powder hybrid film with ultraviolet absorption. *RSC Advances*, 12(49), 32061–32069.
- Zhou, X., Yu, X., Xie, F., Fan, Y., Xu, X., Qi, J., Xiong, G., Gao, X., & Zhang, F. (2021). pH-responsive double-layer indicator films based on konjac glucomannan/camellia oil and carrageenan/anthocyanin/curcumin for monitoring meat freshness. *Food Hydrocolloids*, 118, 106695.