

# Karakteristik Fisik dan Antikapang *Edible Film* Whey Protein dengan Bubuk Rempah sebagai Pembungkus Kopi

## *Physical and Antifungal Characteristics of Whey Protein Edible Film with Spice Powder as Coffee Packaging*

Syahrizal Nasution\*, Finna Fathin Fadilla, Anjelin Novita Sari, Lasuardi Permana

Program Studi Teknologi Pangan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

**Abstract.** *Whey protein-based edible films represent an environmentally friendly alternative to conventional plastic packaging. The incorporation of natural bioactive compounds may further enhance their functional properties, including antimicrobial activity. This study aimed to evaluate the effects of ginger (*Zingiber officinale*) and cinnamon (*Cinnamomum sp.*) powder at different concentrations on the physical characteristics and antifungal activity of whey protein-based edible films intended for coffee powder packaging. Two types of edible films were prepared using the casting method: films containing ginger powder and films containing cinnamon powder, each formulated at concentrations of 0, 1, 2, and 3% (w/w). The films were evaluated for thickness, biodegradability, tensile strength, elongation, brewing time of ground coffee, and antifungal activity against *Aspergillus niger*. The results showed that ginger powder did not significantly affect film thickness, biodegradability, or elongation ( $p > 0.05$ ), but significantly influenced brewing time, tensile strength, and antifungal activity ( $p < 0.05$ ). The film containing 3% ginger exhibited the fastest brewing time (3.16 s), the lowest tensile strength (0.35 MPa), and the largest inhibition zone against *A. niger* (18.42 mm). Cinnamon powder significantly affected thickness, brewing time, tensile strength, and antifungal activity, but not biodegradability or elongation. The 3% cinnamon formulation produced the largest inhibition zone (18.67 mm), while the 1% formulation showed the highest tensile strength (0.93 MPa). Overall, the incorporation of ginger and cinnamon powders enhanced the antifungal functionality of whey protein-based edible films, indicating their potential as sustainable packaging materials for coffee powder.*

**Keywords:** *antifungal activity, cinnamon, edible film, ginger, whey protein*

**Abstrak.** *Edible film* berbasis whey protein merupakan inovasi kemasan ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan sebagai pengganti plastik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi bubuk jahe (*Zingiber officinale*) dan kayu manis (*Cinnamomum sp.*) terhadap karakteristik fisik dan aktivitas antikapang *edible film* whey protein sebagai kemasan kopi bubuk. Dua jenis film yang diformulasikan, yaitu dengan penambahan bubuk jahe dan penambahan bubuk kayu manis dengan konsentrasi 0, 1, 2, dan 3% menggunakan metode pencetakan, kemudian diuji ketebalan, *biodegradable edible film*, waktu penyeduhan kopi bubuk, kuat tarik, elongasi, serta aktivitas antikapang terhadap *Aspergillus niger* sp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bubuk jahe tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan, *biodegradable*, dan elongasi, tetapi memberikan pengaruh signifikan terhadap waktu penyeduhan, kuat tarik, dan aktivitas antikapang. *Edible film* dengan konsentrasi jahe 3% menghasilkan penyeduhan tercepat (3,16 detik), kuat tarik terendah (0,35 MPa), dan zona hambat tertinggi (18,42 mm). Sementara itu, penambahan bubuk kayu manis berpengaruh nyata terhadap ketebalan, waktu penyeduhan, kuat tarik, dan aktivitas antikapang, tetapi tidak signifikan terhadap *biodegradable* dan elongasi. *Edible film* dengan kayu manis 3% menunjukkan zona hambat terbesar (18,67 mm), sedangkan konsentrasi 1% memberikan kuat tarik tertinggi (0,93 MPa). Penambahan bubuk jahe atau kayu manis mampu meningkatkan potensi fungsional *edible film* whey protein sebagai kemasan kopi bubuk yang fungsional dan ramah lingkungan yang memiliki aktivitas antikapang.

**Kata kunci:** antikapang, *edible film*, jahe, kayu manis, *whey protein*

**Aplikasi Praktis:** Hasil penelitian ini menganalisis karakteristik fisik *edible film* berbasis whey protein serta pengaruh konsentrasi bubuk rempah sebagai senyawa antikapang. Penggunaan senyawa antikapang pada *edible film* bermanfaat dapat mencegah pertumbuhan kapang kontaminan pada kopi yang dibungkus. *Edible film* yang dihasilkan diaplikasikan sebagai pengemas bubuk kopi yang dapat dikonsumsi langsung saat penyeduhan, serta memiliki kemampuan terurai secara alami di lingkungan.

## PENDAHULUAN

Pengemasan pangan berperan penting dalam menjaga kualitas dan keamanan produk hingga sampai

kepada konsumen dengan melindunginya dari kerusakan fisik, kontaminasi mikroba, serta perubahan mutu selama penyimpanan (Kusumawati dan Putri 2018). Plastik menjadi bahan kemasan yang banyak

digunakan karena praktis, fleksibel, dan murah namun menimbulkan masalah lingkungan akibat sulit terurai dan berpotensi mencemari pangan (Ismaya *et al.* 2021). Hal ini mendorong dikembangkannya kemasan ramah lingkungan, salah satunya *edible film* (Permana *et al.* 2025), yaitu lapisan tipis yang dapat dikonsumsi, terbuat dari bahan alami (polisakarida, protein, dan lipid), serta berperan sebagai penghalang terhadap oksigen, cahaya, uap air, lemak, maupun mikroba untuk memperpanjang umur simpan produk (Natania *et al.* 2022). Protein tergolong sebagai biopolimer yang memiliki potensi untuk digunakan dalam pembuatan *film* karena menawarkan berbagai karakteristik unggul seperti sifat mekanik, fisikokimia, dan optik yang baik. Salah satu jenis protein yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* yaitu whey protein (Fahrullah *et al.* 2023).

*Whey protein* merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan *edible film* karena sifat fungsionalnya yang baik, meskipun bersifat hidrofilik sehingga kurang efektif menahan uap air. *Edible film* dengan bahan dasar protein whey diperkuat oleh ikatan disulfida, namun *edible film* tersebut memiliki sifat hidrofilik tinggi sehingga kurang efektif dalam mencegah terjadinya penguapan air dari produk yang dilapisinya (Hasnelly *et al.* 2015). Masalah tersebut dapat diminimalkan melalui proses pemanasan pada suhu 90 °C (Hendrastya *et al.* 2022). *Edible film* yang dibuat menggunakan *whey protein* memiliki sifat mekanis yang baik, sehingga memungkinkan digunakan sebagai pelapis, dibandingkan menggunakan bahan kitosan yang memiliki kelemahan pada sifat mekanis yang rendah dan sensitivitas air yang tinggi (Haghighi *et al.* 2020). Karakteristik fisik seperti ketebalan, kekuatan tarik, *biodegradable*, dan daya hambat uap air menjadi penentu utama fungsi *edible film* sebagai kemasan (Ariani *et al.* 2025). Selain untuk melindungi produk dari faktor eksternal, *edible film* juga dapat difungsikan sebagai pembawa senyawa antimikroba (Putri *et al.* 2021). Penambahan senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, terpenoid, dan minyak atsiri dari rempah-rempah alami berpotensi meningkatkan kemampuan antimikroba dari *edible film* tersebut (Putri *et al.* 2021).

Jahe (*Zingiber officinale*) adalah salah satu jenis rempah yang sering digunakan karena mengandung senyawa antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan kapang dan bakteri patogen (Kawiji *et al.* 2011). Ekstrak jahe merah dan minyak atsirinya telah terbukti mampu menghambat pertumbuhan kapang seperti *Aspergillus flavus* serta memperpanjang masa simpan produk seperti cabai merah dan roti (Henra *et al.* 2023). Selain jahe, kayu manis (*Cinnamomum sp.*) juga dikenal memiliki aktivitas antimikroba yang kuat, terutama karena kandungan senyawa bioaktifnya seperti *sinamaldehyd*, *flavonoid*, dan asam sinamat (Nasution *et al.* 2024). *Sinamaldehyd*, sebagai turunan asam sinamat, diketahui mampu menghambat pertum-

bahan mikroorganisme patogen serta memperkuat aroma makanan tanpa mengganggu cita rasa (Utami *et al.* 2017).

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia, terutama jenis robusta (Kusnadi *et al.* 2022). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2023), produksi kopi di Indonesia mencapai 758,73 ribu ton. Tingginya produksi kopi menyebabkan banyaknya industri pengolahan kopi yang berkembang. Salah satu bentuk olahan kopi yang paling banyak dikonsumsi adalah kopi bubuk, yang umumnya dikemas dalam plastik atau *aluminium laminated polyethylene* (ALP) dan *polyethylene terephthalate* (PET) (Andayani dan Agustini 2019). Namun, penggunaan plastik secara berlebihan dalam industri ini turut berkontribusi terhadap peningkatan volume sampah yang sulit terurai (Nasution *et al.* 2023).

Penggunaan *edible film* berbasis *whey protein* yang diperkaya dengan bubuk jahe atau kayu manis berpotensi menjadi solusi kemasan yang lebih ramah lingkungan dan fungsional (Akilie 2024). Karakteristik fisik serta aktivitas antimikroba dari *edible film* yang dihasilkan menjadi indikator penting untuk memastikan kualitas dan ketahanan produk kopi bubuk yang dikemas (Stephanie *et al.* 2021). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi bubuk jahe atau kayu manis terhadap karakteristik fisik dan aktivitas antikapang dari *edible film* berbasis *whey protein* sebagai bahan pengemas untuk kopi bubuk.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan yaitu bubuk *whey protein concentrate* (WPC 34%, protein >30%, fat <2% dan fiber <1%), gliserol, gelatin, air, aquades, media PDA (potato dextrose agar), bubuk jahe dan bubuk kayu manis (ukuran 80 mesh), dan bubuk kopi robusta komersil dari Lampung.

### Pembuatan *edible film*

*Whey protein* ditimbang sebanyak 5 g, gelatin 3 g dan ditambahkan air sebanyak 100 mL, serta ditambah bubuk jahe/kayu manis (ukuran 80 mesh) dengan konsentrasi 0, 1, 2, dan 3% dari berat bahan *whey protein* yang digunakan. Larutan *whey protein* diaduk dan dipanaskan selama 30 menit menggunakan suhu 90 °C, kemudian pada menit ke 25 menit ditambahkan gliserol 3 mL. Bahan *edible film* dituang ke dalam loyang yang beralaskan silikon, selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan alat dehidrator (tipe D104 Revon Teknologi, Indonesia) selama 7 jam dengan suhu 60 °C. Kemudian dilakukan pengujian ketebalan,

*biodegradable*, waktu penyeduhan, kuat tarik, elongasi dan aktivitas antikapang.

**Ketebalan edible film**

Ketebalan *edible film* dilakukan dengan alat mikrometer (krisbow, Indonesia) sekrup dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Pengukuran dilakukan pada lima titik yang berbeda untuk mendapatkan ketebalan *edible film* (Hamdany *et al.* 2024).

**Biodegradable edible film**

Persentase *biodegradable film* dihitung dari massa yang larut setelah perendaman 24 jam. Sampel ±5 g dipotong, dimasukkan ke cawan aluminium kering dan ditimbang, lalu dikeringkan dalam oven (Mommert, Jerman) pada 100 °C selama 30 menit untuk mendapatkan berat awal (W<sub>0</sub>). Setelah direndam 24 jam menggunakan aquades, sisa *edible film* yang tidak larut dikeringkan kembali pada 100 °C selama 6 jam, didinginkan 10 menit dalam desikator, lalu ditimbang sebagai berat akhir (W<sub>1</sub>) (Harumarani *et al.* 2016). Nilai *biodegradable film* ditentukan pada persamaan 1.

$$S = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: S= *biodegradable edible film*, W<sub>1</sub>= berat sampel akhir, W<sub>0</sub>= berat sampel awal

**Waktu penyeduhan kopi bubuk pada edible film**

Waktu penyeduhan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *edible film* untuk larut sepenuhnya. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan kopi yang sudah dikemas dengan *edible film* sebanyak 10 g ke dalam air dengan suhu 100 °C. Setelah itu dicatat waktu menggunakan stopwatch saat sampel larut dalam air secara visual (Coniwanti *et al.* 2014).

**Kuat tarik edible film**

Pengujian kuat tarik pada *edible film* dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (Zwick Roell All Round Z250SR, Jerman). Sampel *film* yang di uji dicetak dengan ukuran (10x2 cm), kemudian sampel dijepit pada kedua ujung sisi panjang dan ditarik hingga putus menggunakan kecepatan 50 mm per menit. Nilai beban maksimal didapatkan tepat pada saat sampel *edible film* tersebut terputus. Nilai dari kuat tarik dibaca setelah sampel mengalami penarikan (Juliani *et al.* 2022). Kekuatan tarik dihitung dengan persamaan 2.

$$MPA = \frac{F_{maks}}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: MPA= kuat tarik (N/m<sup>2</sup>), F<sub>maks</sub>= gaya tarik maksimum (N), A= luas penampang (m<sup>2</sup>)

**Elongasi edible film**

Hasil pengujian kuat tarik menggunakan mesin *Universal Testing Machine* sebagai dasar uji kemuluran *edible film*. Nilai elastisitas pada *edible film* diperoleh berdasarkan rasio perbandingan antara pertambahan panjang *edible film* terhadap panjang mula-mulanya (Dewati *et al.* 2023), sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 3.

$$\text{Elongasi } (\epsilon) = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: ε= elongasi 100%, Δl= pertambahan panjang *edible film* (mm), l<sub>0</sub>= panjang mula-mula *edible film* (mm)

**Aktivitas antikapang**

Metode cakram dimodifikasi dengan meletakkan potongan *edible film* dalam bentuk cakram sebagai agen penghambat kapang pembusuk pada kopi. Kapang *Aspergillus niger sp.* disebar diatas media PDA. Selanjutnya *edible film* dipotong dengan diameter ±6–8 mm membentuk cakram *edible film* dan diletakkan di atas media dalam cawan petri yang telah disebar kapang uji. Cawan petri selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang berkisar antara (25–30 °C) selama 3–5 hari. Setelah itu terbentuk zona hambat di sekitar cakram. Terakhir, pengujian antikapang dilakukan dengan pengukuran diameter zona hambat yang terbentuk (Nasution *et al.* 2025). Perhitungan diameter zona hambat metode cakram dihitung dengan persamaan 4.

$$\text{Zona Hambat} = \frac{(D_v - d_c) + (D_h - d_c)}{2} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: D<sub>v</sub>= diameter vertikal zona bening, D<sub>h</sub>= diameter horizontal zona bening, D<sub>c</sub>= diameter cakram

**Analisis data**

Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu variasi konsentrasi bubuk rempah (jahe dan kayu manis) yang dilakukan secara duplo dengan dua kali ulangan. Analisis data diolah menggunakan software IBM SPSS Statistics 25 dengan metode statistik one way ANOVA pada taraf 5%. Jika berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan New Multiple Range Test*) pada taraf 5%. Data hasil analisis dinyatakan sebagai rata-rata ± SD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik visual *edible film whey protein* dengan penambahan bubuk jahe dan kayu manis

*Edible film* yang dihasilkan dari *whey protein* dengan penambahan konsentrasi bubuk jahe atau kayu manis untuk mengemas kopi dapat dilihat pada Gambar 1. Secara visual, *edible film* tanpa penambahan bubuk rempah menunjukkan warna yang lebih jernih dan homogen. Sebaliknya, penambahan bubuk rempah menghasilkan warna *edible film* yang lebih gelap, yang bervariasi sesuai dengan jenis serta konsentrasi rempah yang digunakan. Peningkatan konsentrasi bubuk rempah juga berpengaruh terhadap tekstur permukaan *edible film*, permukaan tersebut cenderung menjadi lebih kasar akibat distribusi dan keberadaan partikel rempah di dalam matriks polimer.

Sifat fisik *edible film whey protein* dari perlakuan variasi konsentrasi bubuk jahe dan kayu manis dapat dilihat pada Tabel 1. Karakteristik dari perlakuan *edible film* yang diberikan variasi konsentrasi bubuk rempah jahe dan kayu manis berupa ketebalan (mm), *biodegradable* (%), waktu penyeduhan (detik), kuat tarik (MPa), dan elongasi (%) yang menggambarkan kualitas dari *edible film* yang digunakan sebagai pembungkus kopi. Adapun aktivitas antikapang *edible film whey protein* dari perlakuan variasi konsentrasi bubuk jahe dan kayu manis dapat dilihat pada Gambar 2. Aktivitas antikapang digambarkan dengan zona hambat yang dihasilkan pada media PDA terhadap *Aspergillus niger sp.*

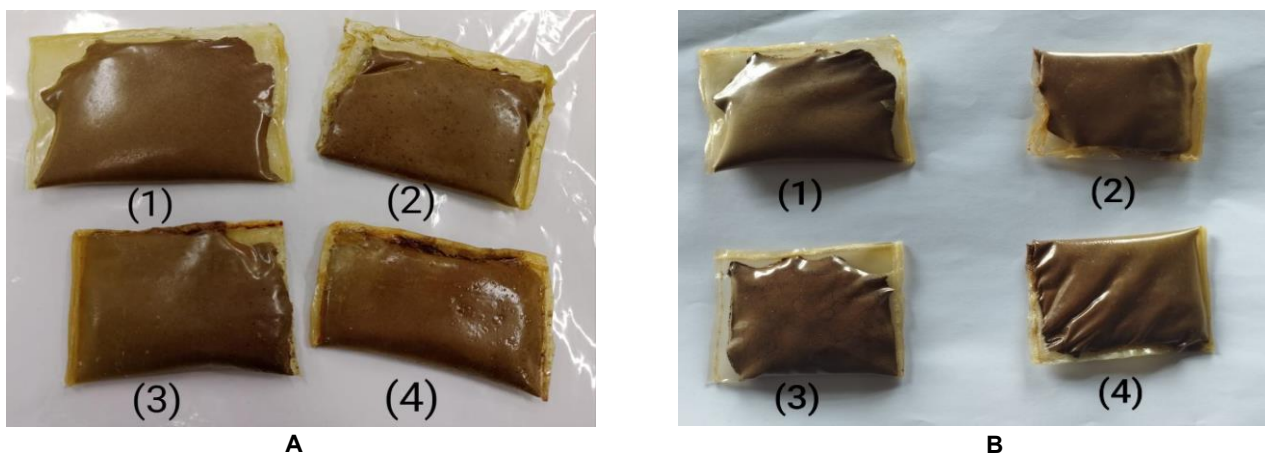
### Ketebalan *film*

Ketebalan *film* menjadi karakteristik penting dalam mengevaluasi kelayakan *edible film* sebagai bahan pengemas produk pangan (Rusli *et al.* 2017). *Edible film* yang terlalu tebal dapat mengurangi memengaruhi tampilan produk, serta *film* semakin kaku dan keras, sementara *film* yang terlalu tipis bisa menjadi rapuh dan kurang efektif dalam melindungi produk

dari kehilangan kelembaban, atau kontaminasi mikroba.

Hasil uji menggunakan *statistic one way ANOVA* menunjukkan penambahan konsentrasi bubuk jahe tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film*. Hasil pengujian menunjukkan sampel tanpa penambahan bubuk jahe atau konsentrasi 0% memiliki ketebalan sebesar 0,18 mm sedangkan dengan penambahan bubuk jahe 1–3% memiliki ketebalan berkisar 0,19–0,20 mm (Tabel 1). Hasil pengujian ketebalan yang tidak berpengaruh nyata pada penelitian ini disebabkan oleh konsentrasi bubuk jahe yang ditambahkan memiliki selisih konsentrasi yang rendah serta diketahui pada saat pembuatan sampel pengadukan bubuk jahe tidak cukup homogen, sehingga tidak dapat disesuaikan ketebalannya. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa penambahan bubuk rempah 1% juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film* pati singkong (Nasution *et al.* 2025).

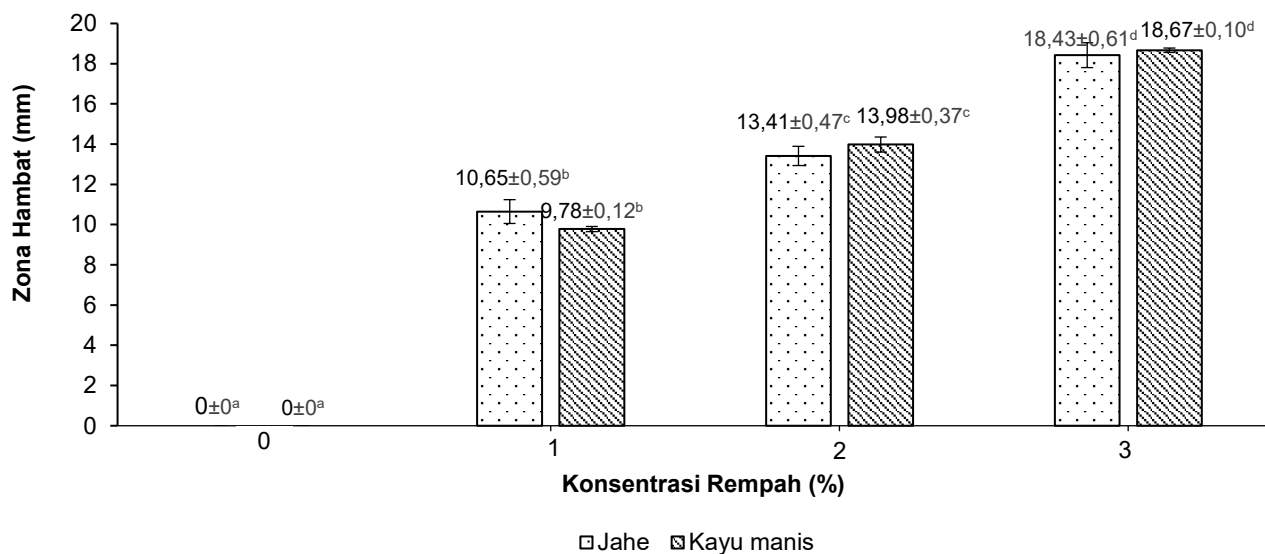
Berdasarkan hasil ketebalan dengan penambahan bubuk kayu manis menunjukkan, konsentrasi 0% kayu manis memiliki ketebalan paling rendah dibandingkan dengan sampel lainnya, yaitu sebesar 0,18 mm. Konsentrasi 1%, ketebalan *edible film* sebesar 0,20 mm. Ketebalan ini meningkat lebih lanjut pada konsentrasi 2% menjadi 0,22 mm, ketebalan tertinggi pada konsentrasi 3%, yaitu sebesar 0,23 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan bubuk kayu manis, menyebabkan terjadi peningkatan ketebalan secara bertahap seiring dengan meningkatnya konsentrasi bubuk kayu manis. Interaksi antara komponen aktif dalam bubuk kayu manis dan matriks *protein whey* juga dapat memengaruhi struktur dan viskositas larutan *edible film*. Senyawa fenolik dalam kayu manis dapat berinteraksi dengan protein melalui ikatan hidrogen atau interaksi hidrofobik, yang dapat memperkuat struktur jaringan *edible film* dan menyebabkan penebalan pada *edible film* yang terbentuk (Bahram *et al.* 2014).



**Gambar 1.** *Edible film* sebagai pengemas kopi dengan penambahan A= bubuk jahe, B= bubuk kayu manis. (1)= kontrol/tanpa penambahan bubuk, (2)= konsentrasi 1%, (3)= konsentrasi 2%, (4)= konsentrasi 3%

**Tabel 1.** Karakteristik fisik *edible film whey protein* dengan variasi konsentrasi rempah

Karakteristik Fisik	Variasi Rempah	Konsentrasi Rempah (%)			
		0	1	2	3
Ketebalan (mm)	Jahe	0,18±0,02	0,19±0,01	0,20±0,01	0,19±0,01
	Kayu Manis	0,17±0,01 <sup>a</sup>	0,20±0,01 <sup>b</sup>	0,22±0,01 <sup>c</sup>	0,23±0,01 <sup>c</sup>
Biodegradable (%)	Jahe	4,86±0,18	5,17±0,42	4,65±0,72	4,54±0,23
	Kayu Manis	4,84±0,32	4,96±0,08	5,00±0,01	5,18±0,03
Waktu penyeduhan (detik)	Jahe	5,09±0,43 <sup>c</sup>	3,94±0,18 <sup>b</sup>	3,79±0,61 <sup>ab</sup>	3,16±0,40 <sup>a</sup>
	Kayu Manis	3,01±0,17 <sup>a</sup>	3,64±0,38 <sup>b</sup>	3,75±0,25 <sup>b</sup>	4,63±0,25 <sup>c</sup>
Kuat tarik (MPa)	Jahe	0,65±0,09 <sup>c</sup>	0,43±0,03 <sup>b</sup>	0,44±0,03 <sup>b</sup>	0,35±0,01 <sup>a</sup>
	Kayu Manis	0,66±0,12 <sup>a</sup>	0,94±0,13 <sup>ab</sup>	0,77±0,13 <sup>bc</sup>	0,50±0,07 <sup>c</sup>
Elongasi (%)	Jahe	29,34±1,82	20,03±6,33	22,84±7,37	24,54±4,21
	Kayu Manis	18,16±5,85	22,52±5,30	17,98±1,84	22,20±4,32



**Gambar 2.** Aktivitas antikapang *edible film whey protein* dengan variasi konsentrasi rempah

Tidak hanya konsentrasi bahan dalam larutan, ketebalan *edible film* juga dipengaruhi pada saat pencetakan. *Edible film* yang tipis diperoleh dengan meratakan larutan pada cetakan setipis mungkin, sedangkan *edible film* yang tebal diperoleh ketika larutan dituangkan secara tidak merata ke dalam cetakan. Selain itu, ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan volume larutan yang dituang pada saat pencetakan (Fera 2018). Semakin tebal *edible film*, maka semakin besar kemampuannya dalam menghambat laju transmisi uap air, yang berdampak positif terhadap perpanjangan daya simpan produk. Namun demikian, ketebalan yang berlebihan dapat mempengaruhi tekstur dan rasa produk saat dikonsumsi. Oleh karena itu, ketebalan *edible film* perlu disesuaikan secara optimal dengan jenis produk yang dikemas, agar tetap efektif sebagai pelindung tanpa mengganggu karakteristik sensori produk (Fitri *et al.* 2025).

**Biodegradable film**

*Biodegradable* menjadi parameter penting untuk mengetahui efektivitas *edible film* tersebut dalam proses pelarutan atau penguraian di lingkungan, sehingga dapat diketahui sejauh mana *edible film*

tersebut mampu terdegradasi secara optimal sesuai dengan fungsinya sebagai bahan kemasan yang ramah lingkungan dan mudah terurai setelah digunakan (Febiyanti *et al.* 2020).

Hasil uji menggunakan *statistic one way ANOVA* menunjukkan penambahan konsentrasi bubuk jahe tidak memberikan pengaruh nyata terhadap *biodegradable edible film*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel tanpa bubuk jahe memiliki nilai *biodegradable* sebesar 4,86% sedangkan sampel dengan penambahan konsentrasi bubuk jahe memiliki *biodegradable* berkisar 4,54–5,17%. *Edible film whey protein* dengan perlakuan 0% kayu manis, yaitu tanpa penambahan bubuk rempah kayu manis, memiliki tingkat *biodegradable* sebesar 4,84%. Bubuk rempah kayu manis yang ditambahkan dengan konsentrasi 1%, nilai *biodegradablenya* mengalami sedikit peningkatan menjadi 4,97%. Selanjutnya, pada penambahan bubuk rempah kayu manis dengan konsentrasi 2%, *biodegradable* sampel meningkat lebih lanjut hingga mencapai 5,00%. Peningkatan paling tinggi tercatat pada konsentrasi 3% bubuk rempah kayu manis, dengan tingkat nilai *biodegradable* mencapai 5,19% (Tabel 1). Hasil data ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi bubuk rempah kayu manis

yang ditam-bahkan ke dalam *edible film*, maka *biodegradablenya* cenderung mengalami peningkatan, meskipun perubahannya relatif kecil. *Biodegradable edible film* dengan penambahan bubuk kayu manis juga menunjukkan hasil tidak berpengaruh signifikan.

Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan oleh penelitian dengan penambahan ekstrak jahe 10% sehingga nilai *biodegradable* yang didapatkan tidak berpengaruh nyata dengan *edible film* tanpa penambahan konsentrasi. Semakin rendah nilai *biodegradable edible film* maka semakin baik digunakan sebagai bahan pengemas dan bersifat *biodegradable* (Fathoni *et al.* 2021). Peningkatan ini menunjukkan bahwa senyawa-senyawa aktif dalam kayu manis, seperti *cinnamaldehyde* dan *eugenol*, kemungkinan berinteraksi dengan matriks polimer dalam *edible film*, menyebabkan pelemahan ikatan antarmolekul dan meningkatkan kerapuhan struktur jaringan *edible film* (Baba *et al.* 2021). Penelitian sebelumnya yang mengembangkan *edible film* dari nata de coco dengan penambahan minyak kayu manis menunjukkan bahwa penambahan minyak kayu manis meningkatkan daya serap uap air dan aktivitas antimikroba *edible film*, namun menurunkan kekuatan mekanik *edible film*. Hal ini menunjukkan bahwa minyak kayu manis dapat mempengaruhi struktur dan *biodegradable edible film* (Stephanie *et al.* 2021).

### Waktu penyeduhan *film*

Penyeduhan *edible film* dilakukan untuk memastikan *edible film* yang digunakan sebagai pengemas kopi bubuk tersebut larut dengan baik dalam air panas saat proses penyeduhan. Pengujian ini dilakukan dengan mencatat seberapa lama waktu yang dibutuhkan *edible film* larut dengan sepenuhnya ketika dituangkan air mendidih pada sampel kopi yang telah dikemas. *Edible film* diharapkan mudah larut dan tidak meninggalkan sisa sehingga tidak mengganggu cita rasa maupun tekstur kopi ketika saat dikonsumsi. *Edible film* yang bersifat *biodegradable* umumnya memiliki struktur *edible film* yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme dan lingkungan. Karakteristik ini berkaitan erat dengan kemampuan *edible film* untuk menyerap air (hidrofilik) dan larut dalam air. Semakin mudah *edible film* terurai secara biologis, biasanya semakin mudah air masuk dan melemahkan struktur *edible film* tersebut. Ketika *edible film* digunakan sebagai kemasan untuk produk yang diseduh seperti minuman instan, larutnya *edible film* dalam air menentukan lama penyeduhan.

Hasil analisis Uji Duncan menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan terhadap lama waktu penyeduhan. *Edible film* tanpa penambahan bubuk jahe atau konsentrasi 0% menghasilkan waktu penyeduhan paling lama dengan rata-rata 5,09 detik, sedangkan waktu penyeduhan yang dihasilkan paling cepat adalah pada *edible film* dengan penambahan

konsentrasi bubuk jahe 3% yaitu dengan rata-rata 3,16 detik. *Edible film* tanpa penambahan bubuk jahe memiliki waktu lebih lama, memungkinkan bahwa *edible film* memiliki struktur yang lebih stabil dan dapat melepaskan bubuk kopi secara bertahap waktu penyeduhan. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan semakin besar konsentrasi bubuk jahe yang ditambahkan maka semakin cepat waktu penyeduhan yang didapat. Hal ini disebabkan bahwa jahe membantu *edible film* lebih cepat larut karena ekstrak-nya mengandung pati, yang bersifat hidrofilik (mudah larut dalam air). Adanya minyak atsiri yang terkandung dalam jahe juga dapat merusak struktur *edible film*, membuat matriks *edible film* lebih lemah sehingga meningkatkan larutnya *edible film* dalam air (Estiningtyas *et al.* 2015).

Hasil pada rempah bubuk kayu manis *edible film whey protein* sebesar 3% menunjukkan waktu penyeduhan paling tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya, yaitu mencapai 4,64 detik, Sebaliknya, waktu penyeduhan paling rendah tercatat pada sampel 0% kayu manis dengan waktu hanya 3,02 detik. *Edible film* yang mengandung rempah bubuk kayu manis memerlukan waktu yang lebih lama untuk diseduh dibandingkan dengan *edible film* yang tidak mengandung tambahan bubuk rempah sama sekali. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melarutkan kantong *edible film* pada produk minuman kopi instan maupun bubuk kelapa berada dalam rentang waktu kurang dari 30 detik. Faktor yang dapat mempengaruhi waktu penyeduhan *edible film* yakni konsentrasi bahan tambahan seperti rempah-rempah atau senyawa bioaktif (Zhou *et al.* 2021). Penambahan bubuk kayu manis, dapat memperlambat waktu penyeduhan karena mengandung serat kasar dan senyawa aktif yang bersifat kurang larut dalam air (Bahram *et al.* 2014). Semakin tinggi konsentrasi bubuk kayu manis yang ditambahkan, semakin padat dan tebal struktur *edible film* yang terbentuk, sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk hancur dan larut secara sempurna dalam air panas (Zhou *et al.* 2021). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melarutkan kantong *edible film* pada produk minuman kopi instan maupun bubuk kelapa berada dalam rentang waktu kurang dari 30 detik (Liu *et al.* 2020). Sehingga dinyatakan pada penelitian ini waktu penyeduhan *edible film* sebagai pengemas kopi bubuk tergolong cepat.

### Kuat tarik *film*

Kuat tarik menunjukkan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh *edible film* sebelum mengalami kerusakan seperti terputus atau robek. Pengukuran kuat tarik dilakukan untuk menentukan besarnya gaya yang dibutuhkan guna mencapai titik maksimum tarikan,

dihitung per satuan luas penampang *edible film*, sebagai indikator kemampuan *edible film* dalam menahan regangan atau pemanjangan saat diberi tekanan (Dewi *et al.* 2021). Tingginya nilai kuat tarik memperkuat fungsi *edible film* sebagai bahan kemasan, karena mampu memberikan perlindungan yang efektif terhadap gangguan mekanis pada produk yang dikemas (Moga *et al.* 2018).

Hasil analisis Uji Duncan menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan terhadap nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik yang didapatkan pada penambahan konsentrasi bubuk jahe yaitu 0,35–0,65 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan sampel tanpa penambahan bubuk jahe atau konsentrasi 0% yaitu 0,65 MPa, sedangkan kuat tarik terendah diperoleh pada perlakuan penambahan konsentrasi bubuk jahe 3% yaitu 0,35 MPa. Semakin banyak jumlah bubuk jahe yang ditambahkan nilai kuat tarik semakin menurun. Berdasarkan Japanese Industrial Standard (JIS) standar nilai kuat tarik pada *edible film* adalah minimal 0,39 MPa. Penambahan konsentrasi bubuk jahe 3% belum memenuhi standar (Arnalia *et al.* 2022). Penelitian sebelumnya mengatakan kandungan minyak atsiri dalam jahe diduga dapat memengaruhi kekuatan tarik dari *edible film*. Adanya minyak tersebut dapat mengganggu pembentukan matriks *edible film*, sehingga struktur *film* menjadi kurang stabil dan cenderung melemah. Akibatnya, kemampuan *edible film* untuk menahan kerusakan mekanis menurun yang menyebabkan penurunan nilai kuat tarik (Pakaya 2024). Seperti pada penelitian sebelumnya nilai kuat tarik semakin menurun setelah penambahan jahe pada *edible film* berbasis pektin dan kulit pisang (Andriasty *et al.* 2015).

Hasil pada penambahan konsentrasi bubuk kayu manis menunjukkan, penambahan 1% memiliki nilai kuat tarik tertinggi yakni sebesar 0,93 Mpa, yang menunjukkan bahwa pada tingkat ini, penambahan bubuk kayu manis mampu memperkuat struktur *edible film*. Peningkatan konsentrasi bubuk kayu manis 2%, nilai kuat tarik mengalami penurunan menjadi 0,78 Mpa, yang menandakan bahwa pada konsentrasi ini, pengaruh penguatan mulai berkurang. *Edible film* yang tidak mengandung bubuk kayu manis memiliki nilai kuat tarik sebesar 0,67 Mpa. Penurunan paling drastis terlihat pada *edible film* dengan penambahan bubuk kayu manis sebesar 3%, di mana nilai kuat tariknya hanya mencapai 0,50 Mpa. *Edible film* berbahan dasar protein whey secara alami memiliki sifat hidrofilik. Sifat hidrofilik ini menyebabkan *edible film* menjadi mudah menyerap air, yang pada akhirnya membuat struktur *edible film* menjadi kurang stabil, dan tidak tahan terhadap kelembaban tinggi (Fahrullah *et al.* 2024). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, diperlukan penambahan bahan bersifat hidrofobik, yaitu senyawa *cinnamaldehyde*, atau *eugenol* yang terdapat dalam kayu manis karena memiliki kecenderungan

untuk menolak air atau tidak larut dalam air (Hudha 2025). Penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang menguji *edible film whey protein* dengan chitosan nanofiber dan *cinnamon essential oil* teremulsi menyatakan bahwa penambahan minyak kayu manis menurunkan kekuatan tarik, karena fase hidrofobik tidak tersebar homogen dan merusak kontinuitas matriks (Mohammadi *et al.* 2020).

### Elongasi *edible film*

Persentase pemanjangan merupakan parameter dalam evaluasi sifat mekanik *edible film*, yang menunjukkan seberapa besar kemampuan *edible film* untuk meregang sebelum mengalami kerusakan atau putus ketika diberikan gaya tarik. Nilai ini dihitung berdasarkan perbandingan antara panjang maksimum *edible film* setelah ditarik hingga putus dengan panjang awal *edible film* sebelum diberi gaya, semakin besar persentase pemanjangan, semakin elastis dan fleksibel *edible film* tersebut (Ramadhani *et al.* 2025).

Hasil uji menggunakan *statistic one way ANOVA* menunjukkan penambahan konsentrasi bubuk jahe tidak memberikan pengaruh nyata terhadap elongasi *edible film*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel kontrol memiliki nilai elongasi sebesar 29,34%, sedangkan sampel dengan penambahan konsentrasi bubuk jahe memiliki elongasi berkisar 20,03–24,54%. Berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) persentase pemanjangan dianggap sangat baik jika >50% dan kurang baik jika <10%. Pada penelitian ini nilai elongasi yang diperoleh masih terbelang kategori baik karena berada pada rentang 17,98±1,84 sampai 29,34±1,82 (Yanti 2020). Hasil penambahan bubuk kayu manis menunjukkan bahwa, diketahui perlakuan dengan konsentrasi 1% dengan nilai persentase tertinggi, yaitu sebesar 22,52%, menunjukkan bahwa pada konsentrasi ini, senyawa yang ditambahkan mampu memberikan efek optimal terhadap variabel yang diamati. Perlakuan dengan konsentrasi 3% menghasilkan nilai persentase yang sedikit lebih rendah, sebesar 22,2%. Sampel dengan 0% kayu manis, diperoleh nilai persentase sebesar 18,16%, yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pada konsentrasi 1% maupun 3%. Perlakuan dengan konsentrasi 2% justru menunjukkan nilai persentase paling rendah, yaitu sebesar 17,98, yang menunjukkan bahwa pada pengujian elongasi *edible film* dengan penambahan bubuk rempah kayu manis tidak berpengaruh yang signifikan.

Pada proses pembuatan *edible film* dengan penambahan konsentrasi bubuk jahe dan kayu manis pencampuran antara *whey protein* dan rempah diduga tidak cukup homogen. Bubuk rempah sebagai bahan tambahan mungkin tidak terdispersi secara merata dan adanya partikel bubuk rempah yang tidak larut sempurna menciptakan titik lemah dalam struktur *edible film*. Selain itu, proses pengeringan yang

berbeda menyebabkan ketidakkonsistenan struktur pada tiap lembar *edible film* yang dihasilkan. Sehingga, berdampak pada nilai elongasi yang bervariasi pada beberapa sampel. Proporsi yang seimbang antara whey dan rempah dalam sistem matriks *edible film* sangat berpengaruh pada homogenitas suspensi *film* dan karakteristik *edible film* yang dihasilkan (Santoso *et al.* 2012). Hasil penelitian yang dilakukan berbeda dengan hasil penelitian (Estiningtyas *et al.* 2015), yang mengatakan bahwa penambahan ekstrak jahe dengan konsentrasi 10% cenderung menurunkan nilai elongasi pada *edible film* yang dihasilkan. Penurunan nilai elongasi tersebut diduga disebabkan oleh keberadaan kandungan pati yang terbawa dalam ekstrak jahe. Semakin tinggi konsentrasi bahan menyebabkan peningkatan matriks yang terbentuk, sehingga *film* menjadi lebih kuat (Amaliyah 2014). Penelitian lain menemukan bahwa penambahan minyak kayu manis pada *edible film* berbasis pati gembili dapat menurunkan nilai elongasi. Meskipun minyak kayu manis bersifat cair, pada konsentrasi tertentu, penambahan minyak ini dapat menyebabkan perubahan dalam struktur *film* yang mengarah pada penurunan fleksibilitas (Pokatong dan Decyree 2019).

### Aktivitas antikapang

Pengujian aktivitas antikapang bertujuan untuk menganalisis konsentrasi bubuk jahe yang memiliki daya hambat terhadap pertumbuhan kapang. Pengujian dilakukan menggunakan metode modifikasi cakram dengan *film* terhadap kapang *Aspergillus niger*, yang umumnya dapat tumbuh pada biji kopi. Hasil pengujian aktivitas antibakteri ditunjukkan pada Gambar 2 dan zona hambat yang terbentuk ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil uji menggunakan *statistic one way ANOVA* data menunjukkan nilai yang berpengaruh nyata. Pada hasil analisis Uji Duncan menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan pada semua perlakuan terhadap zona hambat. *Edible film* dengan penambahan bubuk jahe menunjukkan zona hambat tertinggi diperoleh pada penambahan bubuk jahe dengan konsentrasi 3% yaitu 18,42 mm dan terendah pada konsentrasi 1% yaitu 10,65. Sementara, pada perlakuan 0% tidak terbentuk zona hambat. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi bubuk jahe yang ditambahkan, semakin besar zona hambat yang dihasilkan.

Hasil pengujian dengan penambahan konsentrasi bubuk kayu manis juga menunjukkan nilai yang signifikan terhadap zona hambat yang dihasilkan. Sampel 0% kayu manis, tidak menunjukkan adanya zona bening di sekitar *edible film*, yang berarti tidak terdapat aktivitas antikapang pada perlakuan tersebut. Sebaliknya, ketika bubuk kayu manis ditambahkan ke dalam formulasi *edible film*, terjadi peningkatan signifikan dalam aktivitas penghambatan terhadap pertum-

buhan kapang, yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat disekitar *edible film* pada media PDA. Konsentrasi bubuk kayu manis sebesar 3% memberikan hasil dengan diameter zona hambat mencapai 18,67 mm, yang merupakan nilai tertinggi di antara semua perlakuan. Sementara itu, pada konsentrasi 2%, zona hambat yang terbentuk memiliki diameter 13,98 mm, menunjukkan efektivitas yang cukup tinggi namun masih berada di bawah konsentrasi tertinggi. Adapun penambahan bubuk kayu manis sebanyak 1% menghasilkan zona hambat dengan diameter 9,78 mm.



**Gambar 3.** Zona hambat yang terbentuk dalam pengujian aktivitas antikapang terhadap *Aspergillus niger* sp. pada *edible film* whey protein dengan penambahan bubuk jahe (2%)

Ekstrak jahe memiliki aktivitas antikapang dengan cara berinteraksi dengan gugus aktif pada dinding sel kapang, membentuk senyawa kompleks yang merusak struktur utama kitin, sehingga dinding sel kehilangan keutuhannya. Efek antikapang ini diduga berkaitan dengan adanya senyawa *gingerol* dan *limonene* dalam jahe, yang berperan menurunkan integritas dinding sel jamur selama proses pertumbuhan pada media nutrisi (Johannes *et al.* 2022). Rimpang jahe mengandung senyawa antimikroba seperti fenol, terpenoid, flavonoid, dan minyak atsiri. Senyawa-senyawa bioaktif ini yang terdapat dalam ekstrak jahe berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroba (Purbaya *et al.* 2018). *Cinnamaldehyde* merupakan komponen utama dalam minyak kayu manis dan telah terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan *Aspergillus niger* sp. (Sun *et al.* 2020). Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa minyak esensial kayu manis mampu membentuk zona hambat dengan diameter 32,3 mm terhadap *Aspergillus niger*, yang lebih besar dibandingkan kontrol positif menggunakan ketokonazol sebesar 6%. Hal ini menunjukkan efektivitas tinggi senyawa aktif dalam kayu manis dalam menghambat pertumbuhan kapang (Kurniawan *et al.* 2025). Penambahan bubuk kayu manis dalam *edible film* meningkatkan ketersediaan senyawa aktif seperti *cinnamaldehyde* dan eugenol, yang secara efektif menghambat pertumbuhan kapang melalui kerusakan

struktur sel dan gangguan fungsi metabolik mikro-organismenya tersebut (Karyantina *et al.* 2021).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan bubuk jahe dan kayu manis pada *edible film whey protein* memberikan pengaruh berbeda pada tiap karakteristik fisik dan aktivitas antikapang. Penambahan bubuk jahe atau kayu manis dengan konsentrasi 3% direkomendasikan dalam pembuatan *edible film whey protein* sebagai pembungkus kopi karena menghasilkan aktivitas antikapang kapang tertinggi. Walaupun demikian perlu diperhatikan beberapa karakteristik fisik agar tetap sesuai dengan standar *edible film*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Unit Penunjang Akademik Institut Teknologi Sumatera (ITERA) atas fasilitas pengujian kuat tarik dan elongasi yang dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Material, Program Studi Teknik Mesin, ITERA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akilie MS. 2024. Tren kemasan *edible* sebagai kemasan pangan terkini dan masa depan. *J Agricultural Review*. 3 (1): 49–60. doi: 10.37195/arview.v3i1.792
- Amaliyah DM. 2014. Pemanfaatan limbah kulit durian (*Durio zibethinus*) dan kulit cempedak (*Artocarpus integer*) sebagai *edible film*. *J Riset Industri Hasil Hutan*. 6 (1): 27–34.
- Andayani O, Agustini S. 2019. Penentuan masa simpan kopi bubuk dalam kemasan aluminium laminated polyeten (ALP) dan Polietilena Tereftalat (PET). *J Dinamika Penelitian Industri*. 30 (2): 148–153.
- Andriasty V, Praseptiangga D, Utami R. 2015. Pembuatan *edible film* dari pektin kulit pisang raja bulu (*Musa sapientum* var *Paradisiaca baker*) dengan penambahan minyak atsiri jahe emprit (*Zingiber officinale* var. *amarum*) dan aplikasinya pada tomat cherry (*Lycopersiconesculentum* var. *cerasiforme*). *J Teknosains Pangan*. 4 (4): 1–7.
- Ariani SRD, Salsabila IP, Sari BW, Angeli SS, Chairunisa A. 2025. *Edible Film Berbasis Bahan Alam: Kitosan, Koro Benguk, Minyak Atsiri Jahe dan Kayu Manis*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Arnamalialia A, Khoiruddin M, Dewi RS. 2022. Studi Pati Singkong sebagai *Edible Film* dalam Upaya Mengoptimalkan Kemasan Ramah Lingkungan. Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam dan Sains. 4 (1): 39–42.
- Baba WN, McClements DJ, Maqsood S. 2021. Whey protein–polyphenol conjugates and complexes: Production, characterization, and applications. *Food Chem*. 365: 130455. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130455
- Badan Pusat Statistik. 2023. Statistik kopi Indonesia. [diakses 24 Novemver 2025]. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/d748d9bf594118fe112fc51e/statistik-kopi-indonesia-2023.html>
- Bahram S, Rezaei M, Soltani M, Kamali A, Ojagh SM, Abdollahi, M. 2014. Whey protein concentrate *edible film* activated with cinnamon essential oil. *J Food Process Preserv*. 38 (3): 1251–1258. doi: 10.1111/jfpp.12086
- Coniwanti P, Pertiwi D, Pratiwi DM. 2014. Pengaruh peningkatan konsentrasi gliserol dan vco (*virgin coconut oil*) terhadap karakteristik *edible film* dari tepung aren. *J Teknik Kimia*. 20 (2): 17–24.
- Dewati R, Qothrunnada S, Huda MN. 2023. Inovasi *Edible Film* Berbahan Baku Albedo Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Plasticizer Gliserol. Prosiding Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono. 19 (1): 154–162.
- Dewi R, Rahmi R, Nasrun N. 2021. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air *edible film* bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *J Teknologi Kimia Unimal*. 10 (1): 61–77. doi: 10.29103/jtku.v10i1.4177
- Estiningtyas HR, Kawiji K, Manuhara GJ. 2015. The application of maizena-*edible film* with the addition of ginger extract as a natural antioxidant in cow sausage coating. *Asian J Natural Product Biochem*. 10 (1): 7–16. doi:10.13057/biofar/f100102
- Fahrullah F, Basriani B, Anita C, Febryanti F, Fitri F. 2024. Modification of protein-based *edible film* characteristics with different glycerol concentrations: a study on thickness, gelation, and microstructure. *J Biologi Tropis*. 24 (4): 952–960. doi: 10.29303/jbt.v24i4.7806
- Fahrullah F, Bulkaini B, Kisworo D, Yuliianto W, Wulandani BRD, Haryanto H. 2023. The water content, solubility, and optical properties of whey-gelatin multilayer *films* enriched with green tea powder. *J Biologi Tropis*. 23 (4): 491–499. doi: 10.29303/jbt.v23i4.5664

- Fathoni RA, Marlina R, Herlan R, Nagari VK. 2021. Pengaruh suhu dan waktu pencampuran dengan gliserol terhadap kualitas *edible film* dari labu kuning dan kitosan. *J Chemurgv*. 5 (2): 80–87. doi:10.30872/cmng.v5i2.5898
- Febiyanti M, Ghozali AA, Redjeki S, Iriani. 2020. *Edible film* dari tepung kappa karagenan dan kitosan cangkang rajungan dengan gliserol. *ChemPro*. 1 (1): 16–21. doi:10.33005/chempro.v1i01.28
- Fera M. 2018. Kualitas fisik *edible film* yang diproduksi dari kombinasi gelatin kulit domba dan agar (*Gracilaria sp.*). *J Food Life Sciences*. 2 (1): 45–56.
- Fitri, Fahrullah, Yulianto W. 2025. Sifat mekanik *edible film* berbasis protein dengan penggunaan konsentrasi plasticizer sorbitol yang berbeda. *Lombok Journal of Microbiology, Biotechnology and Conservation*. 1 (1): 34–40. doi:10.29303/jmbc.v1i1.6107
- Haghighi H, Licciardello F, Fava P, Siesler HW, Pulvirenti A. 2020. Recent advances on chitosan-based films for sustainable food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*. 26: 100551. doi:10.1016/j.fpsl.2020.100551
- Hamdany JN, Khoiriyah Z, Yuliani Y, Rahayu S. 2024. Pemanfaatan pati ubi jalar serta kitosan sebagai antimikroba dalam pembuatan *edible film*. *J Integrasi Sains dan Qur'an*. 3 (1): 240–246. doi:10.64477/301240-246
- Harumarani S, Ma'ruf WF, Romadhon. 2016. Pengaruh perbedaan konsentrasi gliserol pada karakteristik *edible film* komposit semirefined Karagenan Eucheuma cottoni dan Beeswax. *J Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 5 (1): 101–105.
- Hasnelly D, Nurminabari IS, Nasution MEU. 2015. Pemanfaatan whey susu menjadi *edible film* sebagai kemasan dengan penambahan CMC, gelatin dan plasticizer. *Pasundan Food Technology J*. 2 (1): 62–69.
- Hendrastay HK, Rahayu WT, Marsudi F. 2022. Efektivitas *edible film* dari whey keju “mozzarella” terhadap sifat fisik dan kimia keju “halloumi” dan keju “mozzarella” yang disimpan pada suhu ruang. *J Agroekoteknologi Terapan*. 3 (2): 229–237. doi:10.35791/jat.v3i2.44102
- Henra, Johannes E, Haedar N. 2023. *Edible coating* berbasis pati singkong dengan penambahan ekstrak jahe merah sebagai antijamur untuk memperpanjang umur simpan cabai merah *Capsicum annum L.* *BIOMA: J Biologi Makassar*. 8 (2): 39–50.
- Hudha MI. 2020. Potensi limbah keju (*whey*) sebagai bahan pembuatan plastik pengemas yang ramah lingkungan. *J Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*. 19 (1): 46–52. doi:10.26874/jt.vol19no01.133
- Ismaya FC, Fithriyah NH, Hendrawati TY. 2021. Pembuatan dan karakterisasi *edible film* dari nata de coco dan gliserol. *J Teknologi*. 13 (1): 81–88.
- Johannes E, Tuwo M, Katappanan N, Henra, Wirianti, G. 2022. *Edible coating* berbasis pati ubi kayu *Manihot esculenta* Crantz dan jahe merah *Zingiber officinale* var. Rubrum memperpanjang umur simpan buah tomat *Solanum lycopersicum L.* *J Agric Sci*. 12 (2): 204. doi:10.24843/AJoAS.2022.v12.i02.p03
- Juliani D, Suyatma NE, Taqi FM. 2022. Pengaruh waktu pemanasan, jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap karakteristik *edible film* K-karagenan. *J Keteknikan Pertanian*. 10 (1): 29–40. doi:10.19028/jtep.010.1.29-40
- Karyantina M, Suhartatik N, Prastomo FE. 2021. Potensi ekstrak kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai senyawa antimikroba pada *edible film* pati sukun (*Artocarpus communis*). *J Teknologi Hasil Pertanian*. 14 (2): 75–83. doi:10.20961/jthp.v14i2.48363
- Kawiji K, Utami R, Himawan EN. 2011. Pemanfaatan jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) dalam meningkatkan umur simpan dan aktivitas antioksidan “sale pisang basah”. *J Teknologi Hasil Pertanian*. 4 (2): 113–119.
- Kurniawan DW, Darmawan AB, Oktaviana FA, Meilandari AR, Baroroh HN. 2025. Antifungal activity of *Cinnamomum burmannii* essential oil nanoemulsion against *Aspergillus niger* and *Candida albicans* isolated from otomycosis patients. *Farmacia*. 73 (1): 210–221. doi:10.31925/farmacia.2025.1.22
- Kusnadi SA, Affandi MI, Riantini M. 2022. Pengadaan bahan baku agroindustri kopi bubuk di kecamatan kemiling kota bandar lampung. *J Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*. 9 (3): 1105–1115. doi:10.25157/jimag.v9i3.8152
- Kusumawati DH, Putri WDR. 2018. Karakteristik fisik dan kimia *edible film* pati jagung yang diinkorporasi dengan perasan temu hitam. *J Pangan dan Agroindustri*. 1 (1): 90–100.
- Liu C, Huang J, Zheng X, Liu S, Lu K, Tang K, Liu J. 2020. Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend *edible films* for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*. 24: 100485. doi:10.1016/j.fpsl.2020.100485

- Moga T, Montotolalu RI, Berhimpon S, Mentang F. 2018. Karakteristik fisik edible *film* dari karaginan dengan penambahan asap cair. *J Aqua Science Management*. 6 (1): 15–21.
- Mohammadi M, Mirabzadeh S, Shahvalizadeh R, Hamishehkar H. 2020. Development of novel active packaging *films* based on *whey protein* isolate incorporated with chitosan nanofiber and nano-formulated cinnamon oil. *Int J Biological Macromolecules*. 149: 11–20. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.083
- Nasution S, Pangastuti HA, Marvie I, Sari AN, Risdiana C, Fadilla FF, Lubis LIT. 2025. Pengembangan edible *film* dari pati singkong dengan penambahan berbagai rempah sebagai kemasan kopi instan untuk meningkatkan sifat fungsional minuman kopi. *Pro Food*. 11 (1): 1–15. doi: 10.29303/profood.v11i1.494
- Nasution S, Sihombing G, Auli WN, Harmiansyah H, Lianti L. 2023. Penerapan edible *film* dari singkong sebagai kemasan primer ramah lingkungan pada produk UMKM Kopi 49. *KREATIF: J Pengabdian Masyarakat Sains dan Teknologi*. 1 (2): 48–53. doi:10.35706/kreatif.v1i2.10223
- Nasution S, Sihombing G, Ramanda MR. 2024. Antifungal of Edible *Film* from Cassava Starch Added with Cinnamon and Its Physicochemical Characteristics as Environmentally Friendly Coffee Packaging. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1302 (1): 012084. doi:10.1088/1755-1315/1302/1/012084
- Natania K, Alvionita J, Rosa D. 2022. Development of antimicrobial edible *film* enriched with double emulsion of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) essential oil. *Teknotan: J Industri Teknologi Pertanian*. 16 (1): 61–68. doi: 10.24198/jt.vol16n1.10
- Pakaya T. 2024. Karakteristik kemasan aktif dari pati sagu dengan penambahan sari jahe (*Zingiber officinale Roscoe*). *Jambura J Food Technology*. 6 (1): 82–93. doi:10.37905/jjft.v6i1.23915
- Permana L, Ramadhanti AK, Nasution S. 2025. Karakteristik edible *film* berbasis pati singkong dengan penambahan bubuk rempah sebagai kemasan kopi. *J Sains dan Teknologi Pangan*. 10 (3): 8475–8486. doi:10.63071/x14p9x29
- Pokatong WDR, Decyree J. 2019. Characterization and development of edible *film*/coating from lesser yam starch-plasticizer added with potassium sorbate or cinnamon oil in affecting characteristics and shelf life of stored, coated strawberry. *Reaktor*. 18 (04): 224–234. doi:10.14710/reaktor.18.04.224-234
- Purbaya S, Aisyah LS, Jasmansyah, Arianti WE. 2018. Aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat jahe merah (*Zingiber officinale Roscoe var. suntu*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *J Kartika Kimia*. 1 (1): 29–34. doi: 10.26874/jkk.v1i1.12
- Putri MK, Karyantina M, Suhartatik N. 2021. Aktivitas antimikrobia edible *film* pati kimpul (*Xanthosma sagittifolium*) dengan variasi jenis dan konsentrasi ekstrak jahe (*Zingiber officinale*). *Agrointek: J Teknologi Industri Pertanian*. 15 (1): 15–24.
- Rusli A, Metusalach S, Salengke, Tahir MM. 2017. Karakterisasi edible *film* karagenan dengan pemlastis gliserol. *J Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20 (2): 219–229.
- Santoso B, Pratam F, Hamzah B, Pambayun R. 2012. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air edible *film* dari pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan lilin lebah dan surfaktan. *Agritech*. 32 (1): 9–14. doi:10.22146/agritech.9650
- Stephanie M, Marfuatun, Arifin I. 2021. Synthesis and characterization of nata de coco-based edible *film* with the addition of cinnamon oil. *CHEMICA: J Teknik Kimia*. 8 (1): 8–17. doi: 10.26555/chemica.v8i1.17746
- Sun Q, Li J, Sun Y, Chen Q, Zhang L, Le T. 2020. The antifungal effects of cinnamaldehyde against *Aspergillus niger* and its application in bread preservation. *Food Chem*. 317: 126405. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126405
- Utami R, Khasanah LU, Yunitar KK, Manuhara GJ. 2017. Pengaruh oleoresin daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) dua tahap terhadap karakteristik edible *film* tapioka. *CarakaTani J Sustainable Agriculture*. 32 (1): 56–67. doi: 10.20961/carakatani.v32i1.15474
- Yanti S. 2020. Analisis edible *film* dari tepung jagung putih (*Zea mays L.*) termodifikasi gliserol dan karagenan. *J Tambora*. 4 (1): 1–13. doi: 10.36761/jt.v4i1.562
- Zhou Y, Wu X, Chen J, He J. 2021. Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible *films*. *Int J Biological Macromolecules*. 184: 574–583. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067