

Studi Eksperimental pada Pembuatan *Edible coating* Kitosan Ekstrak Daun Salam dan Aplikasinya untuk Mempertahankan Kualitas Jambu Kristal

Experimental Study on the Formulation of Chitosan and Bay Leaf Extract-Based Edible Coating and Its Application to Maintain the Quality of Crystal Guava

Bayu Meindrawan^{1*}, Graciela Asina Debora Lamria¹, Vega Yoesepa Pamela¹, Tubagus Bahtiar Rusbana¹,
Dea Aisyah Rusmawati¹, Henry Chinonso Nwogba²

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia

²University of Tsukuba, Tsukuba, Jepang

Email: bayumeindrawan@untirta.ac.id

Artikel History

Submit: 11 April 2025 Revisi: 27 April 2025 Diterima: 29 April 2025

Abstrak

Jambu kristal merupakan buah populer dengan tekstur renyah, rasa manis, dan memiliki sedikit biji dibandingkan varietas jambu lainnya. Namun, buah ini memiliki umur simpan yang pendek sekitar 2-7 hari, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mempertahankan kualitas jambu kristal melalui aplikasi pelapis edibel. **Tujuan penelitian** ini adalah untuk membuat pelapis edibel dari kitosan dan ekstrak daun salam serta mengevaluasi aplikasi pelapis edibel tersebut terhadap sifat fisikokimia jambu kristal selama penyimpanan. **Metode penelitian** ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap dua faktor, dimana faktor pertama yaitu konsentrasi kitosan (1% dan 2%) sedangkan faktor kedua yaitu konsentrasi ekstrak daun salam (0%, 5% dan 15%). Sebanyak 6 formulasi pelapis edibel diaplikasikan untuk jambu kristal menggunakan metode pencelupan sebelum disimpan selama 12 hari pada suhu ruang. **Hasil penelitian** menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap viskositas, aktivitas antioksidan, dan sifat antimikroba dari larutan pelapis edibel yang dihasilkan. Selain itu, aplikasi pelapis edibel mempengaruhi parameter susut bobot, tekstur, total padatan terlarut, dan penampakan fisik buah jambu kristal. **Kesimpulannya**, pelapis edibel dengan formulasi kitosan 2% + ekstrak daun salam 15% menunjukkan potensi terbaik dalam mempertahankan kualitas jambu kristal selama penyimpanan. **Kata Kunci:** antimikroba; antioksidan; daun salam; fisikokimia; jambu kristal; pelapis edibel.

Abstract

Crystal guava is a popular fruit with a crunchy texture, sweet taste, and few seeds compared to other guava varieties. However, this fruit has a short shelf life of around 2-7 days, so efforts are needed to maintain the quality of crystal guava by applying edible coatings. **This study aims** to make edible coatings from chitosan and bay leaf extract and to evaluate the application of edible coatings on the physicochemical properties of crystal guava during storage. **This research method** used a completely randomized design with two factors, where the first factor was the concentration of chitosan (1% and 2%). In contrast, the second factor was the concentration of bay leaf extract (0%, 5%, and 15%). A total of 6 edible coating formulations were applied to crystal guava using the dipping method before being stored for 12 days at room temperature. **The results showed** that the concentration of chitosan and bay leaf extract significantly affected ($p < 0.05$) the viscosity, antioxidant activity, and antimicrobial properties of the resulting edible coating solution. In addition, the application of edible coatings affects the parameters of weight loss, texture, total dissolved solids, and physical appearance of the crystal guava fruit. **In conclusion**, edible coatings with 2% chitosan + 15% bay leaf extract formulations showed the best potential in maintaining the quality of crystal guava during storage). **Keywords:** antimicrobial; antioxidant; bay leaf; crystal guava; edible coating; physicochemical.

Copyright ©2025 by Authors. This is an open access article under the CC-BY-SA license.



*Penulis Korespondensi: Bayu Meindrawan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia. Email: bayumeindrawan@untirta.ac.id

Cara Sitasi (IEEE Citation Style): B. Meindrawan, G. A. D. Lamria, V. Y. Pamela, T. B. Rusbana, D. A. Rusmawati, H. Nwogba. Pembuatan *Edible coating* Kitosan Ekstrak Daun Salam dan Aplikasinya untuk Mempertahankan Kualitas Jambu Kristal," Nutriology: Jurnal Pangan, Gizi, Kesehatan, vol. 6, no. 1, p.27-40, 2025,
<https://doi.org/10.30812/nutriology.v6i1.5083>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam di sektor pertanian. Salah satu produk pertanian yang banyak dijumpai dipasaran adalah buah jambu kristal, yang merupakan hasil mutasi dari jambu Phak Tai [1]. Jambu kristal memiliki tekstur renyah, rasa manis, dan jumlah biji yang sedikit, sehingga bagian buah yang dapat dikonsumsi lebih banyak dibandingkan jenis jambu lainnya [2]. Selain itu, jambu kristal memiliki keunggulan karena dapat berbuah sepanjang tahun dan memiliki nilai jual yang tinggi [3]. Berdasarkan keunggulan ini, Kementerian Pertanian menganggap jambu kristal memiliki potensi besar untuk menggantikan ketersediaan buah musiman tahunan dan mengurangi impor apel dan pir [4]. Namun, tantangan utama adalah umur simpan jambu kristal yang relatif pendek, yaitu sekitar 2–7 hari. Akibatnya buah jambu kristal sangat mudah mengalami pelunakan tekstur, degradasi warna, serta penurunan kandungan kimia seperti vitamin C dan kandungan gula. Hal ini disebabkan karena jambu kristal termasuk buah klimaterik yang tetap melakukan respirasi setelah dipanen, sehingga kualitasnya menurun dengan cepat seiring waktu penyimpanan [5].

Untuk mengatasi permasalahan ini, pelapis edibel dapat diterapkan. Pelapis edibel adalah lapisan tipis yang dibentuk untuk menutupi komponen makanan dan berfungsi menghambat perpindahan massa, sehingga memperpanjang umur simpan produk pangan [6]. Kitosan dapat digunakan sebagai bahan pelapis edibel karena mampu membentuk lapisan tipis yang transparan, kuat, fleksibel, dan *biodegradable* [7]. Selain itu, kitosan juga dapat mengurangi kehilangan aroma dan kelembaban, memiliki permeabilitas oksigen yang baik [8], serta memiliki muatan positif berupa polikation yang berasal dari gugus amina terprotonasi (NH_3^+) yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba [9].

Meskipun kitosan memiliki banyak keunggulan, pengayaannya dengan senyawa bioaktif lain diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja pelapis edibel, salah satunya adalah penambahan ekstrak daun salam. Daun salam mengandung senyawa tanin, flavonoid, alkaloid, sitrat, dan eugenol yang memiliki sifat antioksidan dan antimikroba [10]. Ekstrak daun salam diketahui efektif dalam memperpanjang umur simpan berbagai produk pangan seperti alpukat selama 8 hari [11], ikan bandeng segar selama 24 jam [12], dan ikan terbang selama 12 jam [13]. Temuan sebuah penelitian berhasil mengkombinasikan pati kulit singkong dengan ekstrak daun salam [11], penelitian lainnya juga telah menggunakan polisakarida berupa guar gum untuk membuat pelapis edibel dengan penambahan ekstrak daun salam [14, 15].

Gap penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah, meskipun *edible coating* berbasis kitosan telah banyak diteliti dan terbukti efektif dalam mempertahankan mutu jambu kristal, serta ekstrak daun salam diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan yang potensial untuk memperpanjang umur simpan berbagai produk pangan, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang mengkaji kombinasi kitosan dan ekstrak daun salam sebagai pelapis edibel pada buah jambu kristal. Padahal, sinergi antara sifat fisik pelindung dari kitosan dan aktivitas bioaktif ekstrak daun salam berpotensi meningkatkan efektivitas pelapisan dalam menjaga kualitas buah selama penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas kombinasi tersebut dalam mempertahankan mutu fisikokimia dan sensorik jambu kristal.

Untuk mempertahankan kualitas selama penyimpanan, buah jambu telah dilaporkan diberikan perlakuan pelapis edibel berbasis kitosan yang dikombinasikan dengan bahan lain seperti ekstrak jeruk nipis [16]; ekstrak kulit buah delima [17], lilin lebah [5]; *nanopartikel ZnO* [18]; serta minyak atsiri kayu manis [19]. Perlakuan pelapis edibel tersebut terbukti mampu menurunkan susut bobot, mempertahankan warna, menjaga tekstur dan kekerasan, mempertahankan nilai total gula dan total asam/pH, serta menjaga sifat organoleptik dari buah jambu kristal selama penyimpanan [5, 16, 19]. Akan tetapi, penerapan pelapis edibel berbasis kitosan yang dikombinasikan dengan ekstrak daun salam untuk jambu kristal belum pernah diteliti. Oleh karena itu, **Novelty** penelitian ini adalah penggunaan pelapis edibel dari kombinasi kitosan dan ekstrak daun salam untuk mempertahankan kualitas jambu kristal. **Tujuan** penelitian ini adalah untuk mengembangkan pelapis edibel berbasis kitosan dengan penambahan ekstrak daun salam, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mempertahankan kualitas fisikokimia jambu kristal selama penyimpanan. Penelitian ini **berkontribusi** dalam memberikan alternatif pengawetan buah jambu kristal untuk pelaku usaha maupun petani dan menjadi solusi untuk mempertahankan mutu komoditas tersebut selama penyimpanan dan distribusi.

METODE

Desain dan Subjek

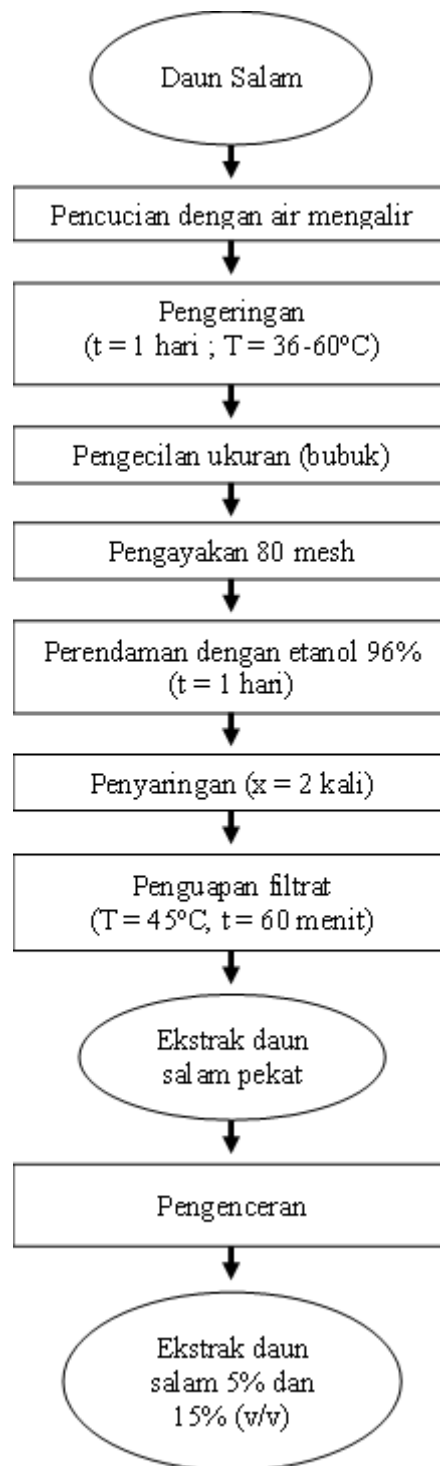
Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor. Faktor pertama yaitu Kitosan dengan konsentrasi 1% dan 2%. Faktor kedua yaitu Ekstrak Daun Salam dengan konsentrasi 0%, 5% dan 15%. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan, jadi dalam penelitian ini

terdapat 18 satuan percobaan. Untuk aplikasi pelapis edibel ke buah jambu dilakukan penyimpanan selama 12 hari. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa pada tahun 2023.

Pengumpulan dan Pengukuran Data

Pembuatan Ekstrak Daun Salam

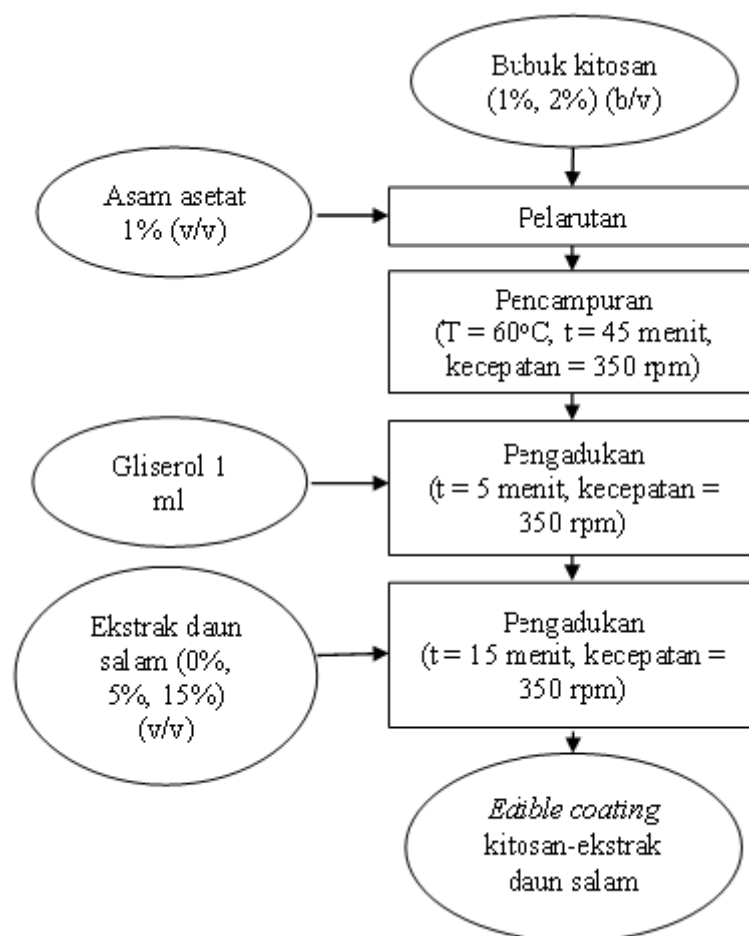
Pembuatan ekstrak daun salam mengacu pada metode suatu penelitian yang kemudian dilakukan modifikasi penelitian [20]. Proses meliputi pencucian, pengeringan (24 jam, suhu 60°C), pengecilan ukuran (ukuran 80 mesh), perendaman dengan etanol 96% selama 2 jam, evaporasi pelarut (60 menit, suhu 45°C), dan pengenceran dengan akuades hingga diperoleh konsentrasi 5% dan 15%. Bagan alur pembuatan ekstrak daun salam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 1. Tahapan pembuatan ekstrak daun salam

Pembuatan Larutan Pelapis Edibel

Pembuatan larutan pelapis edibel dilakukan dengan melarutkan kitosan 1% dan 2% (b/v) dalam air suling yang mengandung asam asetat 1% (v/v), diaduk pada suhu 60°C selama 45 menit dengan kecepatan 350 rpm. Ditambahkan 1 ml gliserol dan ekstrak daun salam dengan konsentrasi 0%, 5%, dan 15% (v/v), kemudian diaduk selama 15 menit pada kecepatan 350 rpm. Total diperoleh 6 formula larutan pelapis. Bagan alur pembuatan larutan pelapis edibel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan proses pembuatan lapisan edibel

Evaluasi Larutan Pelapis Edibel

Viskositas larutan pelapis edibel dianalisis menggunakan viskometer Brookfield, di mana kecepatan rotasi dan tipe *spindle* disesuaikan untuk memastikan hasil pengukuran yang akurat berdasarkan karakteristik larutan yang diuji. Aktivitas antioksidan dari larutan pelapis tersebut ditentukan dengan menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), yang mengukur kemampuan larutan dalam menangkap radikal bebas melalui perubahan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm [21]. Sifat antibakteri larutan diuji terhadap bakteri *Escherichia coli* menggunakan metode cakram difusi, di mana zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram berisi larutan pelapis edibel diukur untuk mengevaluasi tingkat efektivitas antimikroba [22].

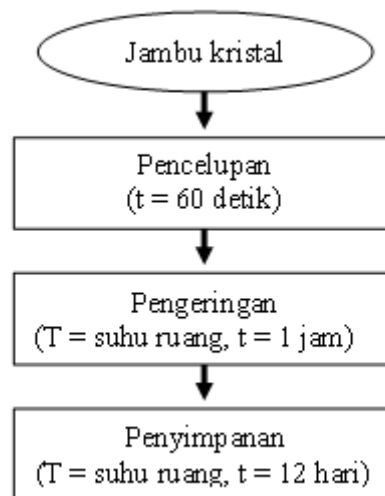
Aplikasi Pelapis Edibel pada Jambu Kristal

Jambu kristal yang telah disortir dan dicuci dicelupkan ke dalam masing-masing formula pelapis edibel selama 60 detik dan dikeringkan pada suhu ruang selama 1 jam. Penyimpanan dilakukan dalam ruangan tertutup pada suhu ruang hingga hari ke-12. Bagan alur aplikasi pelapis edible pada jambu kristal dapat dilihat pada Gambar 3.

Evaluasi Sifat Fisiko-Kimia Selama Penyimpanan

Penurunan bobot sampel selama periode penyimpanan dianalisis menggunakan metode gravimetri, di mana perbedaan massa antara sampel sebelum dan setelah penyimpanan diukur untuk menentukan perubahan massa. Tekstur sampel dianalisis menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM), di mana parameter kekerasan diukur

untuk mengevaluasi perubahan struktural buah selama penyimpanan [23]. Total padatan terlarut dalam larutan pelapis diukur menggunakan refraktometer, yang mengukur indeks bias larutan untuk menentukan konsentrasi padatan terlarut jambu yang dipengaruhi oleh sifat bahan pelapis edibel. Penampakan fisik diamati secara visual untuk mengidentifikasi perubahan warna, kekeringan, atau kerusakan lainnya selama proses penyimpanan.



Gambar 3. Tahapan proses aplikasi pelapis edibel jambu kristal

Analisis Data

Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ($n = 3$) untuk memastikan keakuratan hasil, dan data yang diperoleh disajikan sebagai rata-rata $\pm$ standar deviasi untuk menggambarkan variabilitas hasil yang diuji. Pengolahan data dilakukan menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) dengan bantuan Software SPSS, untuk membandingkan antara perlakuan dalam penelitian ini. Selanjutnya, uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat signifikansi 5% dilakukan untuk menentukan perbedaan signifikan antar perlakuan yang diuji, dengan tujuan untuk mengidentifikasi kelompok perlakuan yang berbeda secara statistik.

HASIL

Evaluasi Larutan Pelapis Edibel

Viskositas

Viskositas merupakan parameter yang menggambarkan tingkat kekentalan suatu cairan, yang mencerminkan besar atau kecilnya gesekan dalam cairan tersebut dan merupakan parameter penting untuk menentukan efektivitas pelapis edibel yang telah dibuat dalam memperpanjang umur simpan suatu produk pangan [24]. Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam meningkatkan viskositas larutan pelapis edibel secara nyata ($p < 0,05$). Konsentrasi larutan dapat memengaruhi nilai viskositas suatu produk, sehingga larutan dengan konsentrasi tinggi dapat menahan pergerakan cairan akibat gesekan antar molekul dalam cairan, sehingga matriks kitosan yang terbentuk menjadi lebih kompleks.

Tabel 1. Viskositas larutan *edibel coating* (cP)

Konsentrasi Kitosan	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)		
	0	5	15
Konsentrasi 1%	209.00 $\pm$ 0.71 ^a	215.75 $\pm$ 0.35 ^b	241.25 $\pm$ 0.35 ^c
Konsentrasi 2%	299.00 $\pm$ 0.00 ^d	310.50 $\pm$ 0.71 ^e	399.75 $\pm$ 0.35 ^f

Dimana Nilai Rata-rata $\pm$ standar deviasi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom atau baris menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Aktivitas Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang dapat memberikan atom hidrogen kepada radikal bebas sehingga dapat menghentikan rangkaian reaksi dan mengubah radikal bebas menjadi bentuk yang lebih stabil [25]. Tabel 2 menunjukkan

bahwa semakin besar konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam yang ditambahkan ke dalam larutan pelapis edibel, maka akan meningkatkan persentase aktivitas antioksidan secara nyata ($p < 0.05$). Hal ini karena kitosan dan ekstrak daun salam memiliki sifat antioksidan.

Tabel 2. Antioksidan larutan *edible coating* (%)

Konsentrasi Kitosan	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)		
	0	5	15
Konsentrasi 1%	32.21 ± 0.00^a	42.47 ± 0.00^c	63.13 ± 0.00^e
Konsentrasi 2%	33.80 ± 0.00^b	58.72 ± 0.00^d	82.11 ± 0.01^f

Dimana Nilai Rata-rata $\pm$ standar deviasi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom atau baris menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Daya Hambat terhadap *E. coli*

Dalam penelitian ini, pelapis edibel dari kitosan dan ekstrak daun salam diaplikasikan untuk mencegah pertumbuhan mikroba patogen *E. coli* pada jambu kristal. Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam meningkatkan daya hambat terhadap *E. coli* secara nyata ($p < 0,05$). Nilai daya hambat pelapis edibel 2% kitosan - 15% ekstrak daun salam merupakan nilai daya hambat tertinggi sedangkan *edible coating* 1% kitosan memiliki nilai daya hambat yang paling rendah. Dari hasil tersebut dapat kita ketahui bahwa semakin besar penambahan konsentrasi kitosan dengan konsentrasi ekstrak daun salam maka semakin besar pula nilai daya hambat *E. coli*.

Tabel 3. Daya hambat larutan *edible coating* terhadap *E. coli*

Konsentrasi Kitosan (%)	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)		
	0	5	0
Konsentrasi 1%	0.32 ± 0.00^a	0.27 ± 0.01^a	0.39 ± 0.03^b
Konsentrasi 2%	0.38 ± 0.10^b	0.37 ± 0.01^b	0.42 ± 0.00^c

Dimana Nilai Rata-rata $\pm$ standar deviasi yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom atau baris menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Evaluasi Sifat Fisikokimia Jambu Kristal Selama Penyimpanan

Susut Bobot

Susut bobot adalah fenomena penurunan bobot buah yang disebabkan oleh proses transpirasi dan respirasi. Selama proses respirasi, buah akan menghasilkan air, gas, dan energi yang kemudian menguap dan menyebabkan penurunan bobot total buah [26]. Tabel 4 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam dapat mempengaruhi susut bobot jambu kristal secara nyata ($p < 0.05$). Semakin tinggi konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam, semakin rendah nilai susut bobot buah jambu selama penyimpanan.

Tabel 4. Susut bobot jambu kristal selama penyimpanan (%)

Konsentrasi Kitosan (%)	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)											
	0				5				15			
	Penyimpanan (hari)											
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Konsentrasi 1%	9.19 ± 1.10 ^{*Bc}	16.72 ±	37.68 ±	53.04 ±	7.53 ± 0.75 ^{*Bb}	15.61 ±	24.12 ±	31.72 ±	5.78 ± 0.72 ^{*Aa}	14.65 ±	22.47 ±	33.46 ±
		0.85 ^{*Cb}	0.17 ^{*Ec}	0.24 ^{*Gb}		0.35 ^{*Db}	0.71 ^{*Fb}	0.81 ^{*Ha}		0.92 ^{*Ba}	0.93 ^{*Ca}	3.41 ^{*Ea}
Konsentrasi 2%	7.89 ±	16.54±	30.68	43.19	6.35 ±	14.20	21.42	30.80	6.22	14.20	20.81	30,08
	0.83 ^{Ab}	0.23 ^{Cb}	± 0.72	±	0.73 ^{Aa}	±	±	±	±1.08	± 0.17	±	±
				2.30 ^{Fb}		0.83 ^{Ca}	1.16 ^{Ea}	0.14 ^{Ga} Ga ^{Aa}			0.75 ^{Ca}	0.18 ^{Da}

Dimana Rata-rata yang diikuti tanda bintang (*) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk konsentrasi kitosan yang berbeda, rata-rata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada

perbedaan yang signifikan untuk konsentrasi ekstrak daun salam yang sama, dan rata-rata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam satu baris menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan untuk waktu penyimpanan yang sama berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Tekstur

Tekstur merupakan parameter penting yang dapat menunjukkan tingkat kematangan buah berdasarkan tampilan fisiknya. Berdasarkan data pada Tabel 5, diketahui bahwa semakin lama waktu penyimpanan, tekstur jambu kristal mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh proses degradasi protopektin yang tidak larut dalam air, komponen utama dinding sel buah, menjadi pektin dan asam pektat yang larut air, sehingga struktur tekstur buah menjadi lebih lunak [27].

Tabel 5. Tekstur jambu kristal selama penyimpanan

Kitosan	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)														
	0					5					15				
	Penyimpanan (hari)														
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
1%	124.2	88.0	49.46	14.3	7.67	111.6	80.93	54.7	39.2	16.59	108.8	89.1	69.8	45.1	22.8
	±	±	±	±	<i>Ac</i> ±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.50	23.11	9.85 ^{<i>*Da</i>}	3.13	0.10	5.94 ^{<i>*Hb</i>}	1.16 ^{<i>*Ga</i>}	4.11 ^{<i>*Db</i>}	0.93 ^{<i>*Bb</i>}	1.21 ^{<i>*Ab</i>}	1.60	2.61 ^{<i>*Gb</i>}	19.0 ^{<i>*Ec</i>}	3.59	2.13 ^{<i>*Ac</i>}
	<i>*Hc</i>	<i>*Fb</i>		<i>*Ca</i>							<i>*Ia</i>			<i>*Bc</i>	
2%	106.0	77.1	26.6	20.7	13.4	114.7	88.3	70.27	66.90	44.78	124.8	103.4	77.5	55.17	54.39
	±	±	±	±	<i>Ba</i> ±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	6.29	24.37	1.36	7.88	1.33	1.30	6.90	1.08 ^{<i>Fb</i>}	3.94 ^{<i>Eb</i>}	20.22	2.20	7.90	0.35	10.87	0.15 ^{<i>Cc</i>}
	<i>*Ga</i>	<i>*Ea</i>	<i>*Ca</i>	<i>*Ca</i>		<i>Hb</i>	<i>Gb</i>			<i>Cb</i>	<i>Jc</i>	<i>Hc</i>	<i>*Fc</i>	<i>*Db</i>	

Dimana Rata-rata yang diikuti tanda bintang (*) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk konsentrasi kitosan yang berbeda, rata-rata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan untuk konsentrasi ekstrak daun salam yang sama, dan rata-rata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam satu baris menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan untuk waktu penyimpanan yang sama berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Total Padatan Terlarut

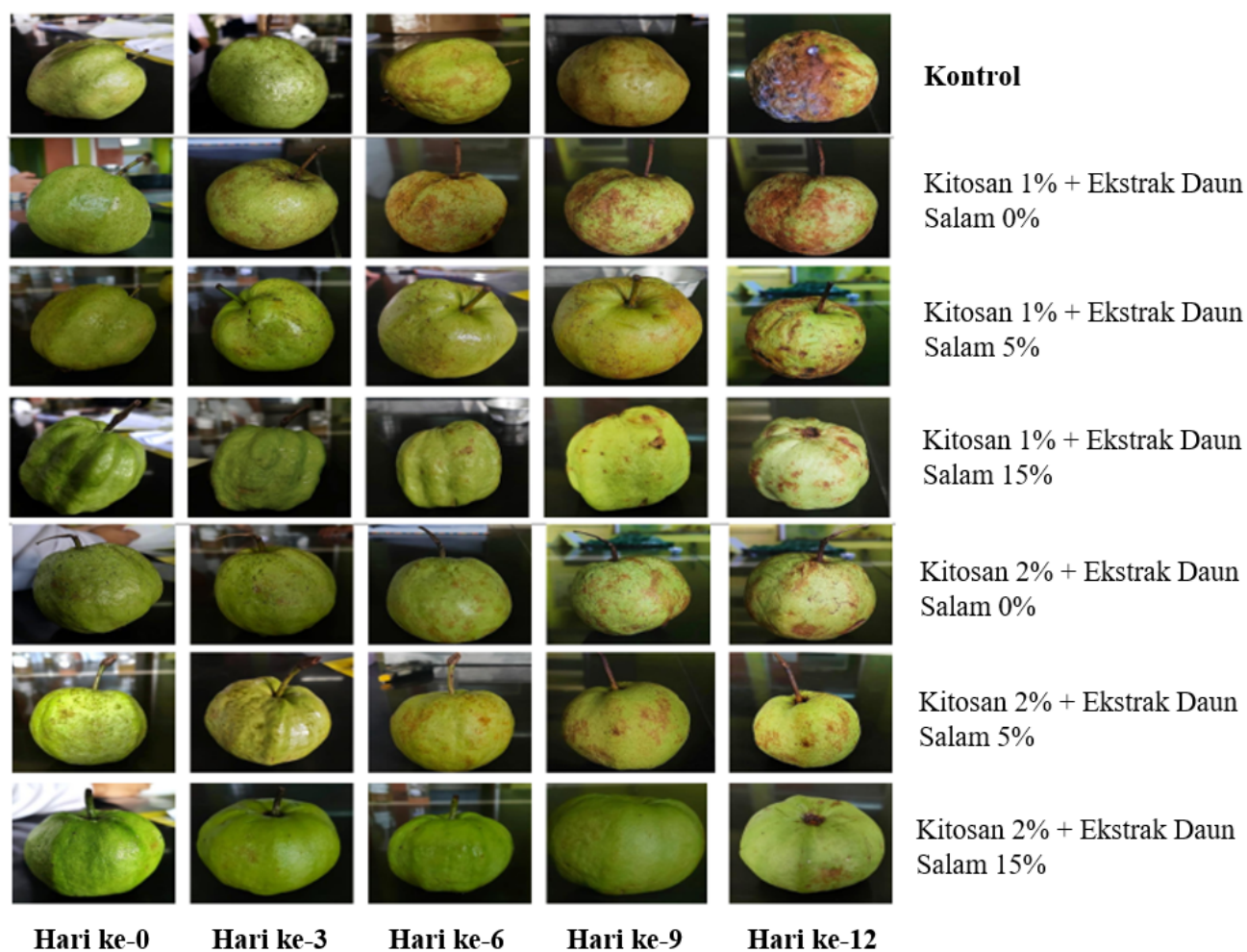
Total padatan terlarut juga merupakan parameter penting yang dapat menunjukkan tingkat kemanisan dan kematangan buah [28]. Tabel 6 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam, maka nilai total padatan terlarut dapat ditekan secara nyata. Nilai total padatan terlarut pada jambu kristal juga mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses penguraian pati tidak larut air menjadi glukosa. Tidak hanya itu, peningkatan nilai total padatan terlarut pada buah juga diakibatkan proses hidrolisis karbohidrat yang lebih cepat dibandingkan dengan proses transformasi glukosa yang menghasilkan H₂O dan energi sehingga glukosa tertimbun pada buah [29].

Tabel 6. Total padatan terlarut jambu kristal selama penyimpanan (oBrix)

Kitosan	Konsentrasi Ekstrak Daun Salam (%)														
	0					5					15				
	Penyimpanan (hari)														
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
1%	8.5 ± 0.71 ^{*Hb}	9.0 ± 0.0 ^{*Ca}	11.5 ± 0.71 ^{*Eb}	13.5 ± 0.71 ^{*Fc}	15.5 ± 0.71 ^{*Hc}	8.0 ± 0.0 ^{Aa}	8.50 ± 0.71 ^{Bb}	10.00 ± 0.00 ^{*Cb}	12.5 ± 0.71 ^{*Eb}	13.0 ± 0.0 ^{Fb}	8.00 ± 0.00 ^{*Ba}	8.00 ± 0.00 ^{*Ba}	9.00 ± 0.00 ^{*Da}	11.50 ± 0.71 ^{*Fa}	12.00 ± 0.0 ^{*Ha}
2%	8.0 ± 0.0 ^{Ab}	8.50 ± 0.71 ^{Bc}	10.00 ± 0.0 ^{Dc}	11.5 ± 0.71 ^{Ec}	12.50 ± 0.71 ^{Bg}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	9.00 ± 0.00 ^{Bb}	11.00 ± 0.00 ^{Db}	12.50 ± 0.71 ^{Eb}	7.50 ± 0.71 ^{Aa}	7.50 ± 0.71 ^{Aa}	8.50 ± 0.71 ^{Ca}	10.00 ± 0.00 ^{Ea}	11.00 ± 0.00 ^{Ga}

Perubahan Fisik

Gambar 4 menunjukkan perubahan fisik jambu kristal selama 12 hari penyimpanan. Penambahan kitosan dan ekstrak daun salam dalam formulasi pelapis edibel dapat menghambat perubahan warna sehingga buah menjadi lebih tahan lama. Terlihat bahwa buah kontrol pada akhir penyimpanan juga mengalami pembusukan akibat serangan jamur. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam yang ditambahkan, semakin besar efek dalam mempertahankan kualitas warna dan penampilan buah jambu kristal.



Gambar 4. Penampakan fisik jambu kristal selama penyimpanan

PEMBAHASAN

Evaluasi Larutan *Edible coating*

Viskositas

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan berbanding lurus dengan peningkatan viskositas larutan. Temuan ini sejalan dengan temuan penelitian yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan, maka semakin intens interaksi antar rantai polimernya [30]. Interaksi ini membatasi pergerakan rantai dan meningkatkan hambatan terhadap aliran, yang pada akhirnya menyebabkan naiknya viskositas larutan.

Larutan pelapis edibel dengan viskositas tinggi cenderung memiliki daya rekat yang baik terhadap permukaan buah jambu kristal, sehingga mampu membentuk lapisan yang tebal dan merata. Sebaliknya, larutan dengan viskositas rendah memang lebih mudah digunakan dalam aplikasi, namun belum tentu mampu memberikan perlindungan yang optimal atau memperpanjang umur simpan buah jambu kristal karena lapisan yang terbentuk biasanya lebih tipis dan tidak merata [31].

Berbeda dengan temuan penelitian ini, temuan suatu penelitian menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak daun yang ditambahkan maka semakin menurun pula nilai viskositasnya karena kadar air pada ekstrak daun tersebut akan berinteraksi dan mengencerkan larutan pelapis edibel sehingga viskositas larutan menurun seiring dengan adanya penambahan konsentrasi ekstrak daun [32]. Perbedaan hasil ini disebabkan karena perbedaan pelarut yang digunakan pada saat mengekstrak daun. Pada penelitian ini menggunakan etanol 96% untuk mengekstraksi

daun salam, sehingga lebih efektif untuk melarutkan senyawa bioaktif dibanding dengan pelarut air. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan pemekatan ekstrak (penguapan pelarut) sehingga didapatkan ekstrak yang kental. Hal ini akan meningkatkan viskositas akhir dari larutan pelapis edibel.

Aktivitas Antioksidan

Temuan penelitian ini didapatkan bahwa penambahan ekstrak daun salam memberikan dampak positif terhadap peningkatan aktivitas antioksidan. Pada konsentrasi 15% ekstrak daun salam, aktivitas antioksidan mencapai rata-rata 72,62%, meningkat dibandingkan tanpa ekstrak yang hanya rata-rata 32,99%. Temuan tersebut sejalan dengan temuan, yang mengungkapkan bahwa tingginya kandungan ekstrak daun salam mampu meningkatkan aktivitas antioksidan karena keberadaan senyawa-senyawa aktif dalam daun salam, khususnya polifenol, yang efektif dalam menangkalkan radikal bebas [33].

Selain itu, konsentrasi kitosan yang ditambahkan juga berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas antioksidan karena kitosan memiliki sifat antioksidan. Meningkatnya jumlah kitosan dalam larutan menyebabkan nilai aktivitas antioksidan juga meningkat. Pernyataan ini diperkuat oleh temuan penelitian yang menjelaskan bahwa kitosan mampu menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi ion H^+ dari gugus amina pada kitosan ke senyawa DPPH, membentuk makromolekul stabil serta radikal amina. Ion H^+ dari gugus amina tersebut kemudian akan berikatan dengan gugus OH^- dari radikal bebas, membentuk senyawa antioksidan yang lebih stabil [34].

Daya Hambat terhadap *E. coli*

Dari hasil tersebut dapat kita ketahui bahwa semakin besar penambahan konsentrasi kitosan dengan konsentrasi ekstrak daun salam maka semakin besar pula nilai daya hambat *E. coli*. Hal tersebut sesuai dengan temuan penelitian bahwa penambahan ekstrak tumbuhan dapat meningkatkan sifat antimikroba yang dimiliki kitosan [35]. Gugus reaktif pada kitosan (gugus NH_2) akan terprotonasi dengan gugus fungsional ekstrak tanaman sehingga dapat mengganggu aktivitas metabolisme sel bakteri [36].

Evaluasi Sifat Fisikokimia Jambu Kristal Selama Penyimpanan

Temuan penelitian ini didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap persentase penurunan bobot buah jambu kristal. Berdasarkan data yang diperoleh, semakin tinggi kadar kitosan yang digunakan, semakin kecil pula tingkat penyusutan bobot buah. Temuan ini sejalan dengan temuan penelitian yang menjelaskan bahwa kitosan dalam konsentrasi tinggi mampu membentuk lapisan semipermeabel yang menutupi pori-pori permukaan buah [37, 38]. Lapisan ini berfungsi untuk menghambat proses transpirasi dan respirasi, sehingga kehilangan air dan mineral dapat ditekan, yang pada akhirnya menurunkan tingkat penyusutan bobot buah.

Seperti halnya kitosan, peningkatan konsentrasi ekstrak daun salam juga terbukti secara signifikan berpengaruh terhadap penurunan susut bobot jambu kristal. Penambahan ekstrak tanaman membantu memperlambat proses metabolisme serta mengurangi kerusakan jaringan buah. Efek ini berasal dari senyawa antioksidan yang terdapat dalam ekstrak tersebut [39]. Temuan sejenis terkait penambahan ekstrak tanaman pada pelapis edibel juga menyatakan bahwa pelapis edibel berbasis gel lidah buaya dengan penambahan ekstrak daun jambu biji mampu menurunkan susut bobot buah jambu biji sebesar 9.88% selama 15 hari penyimpanan [40]. Mekanisme lain dijelaskan pada temuan penelitian lainnya dimana penurunan susut bobot disebabkan oleh kemampuan ekstrak tanaman seperti ekstrak daun cincau sebagai penahan permeabilitas air serta jika ditambahkan dalam pelapis edibel dapat menutup bagian pada buah yaitu lentisel dan kutikula sehingga dapat menghambat hilangnya air pada buah [41].

Tekstur

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap tekstur buah jambu kristal ($p < 0,05$). Hal ini terlihat dari peningkatan nilai kekerasan buah seiring dengan bertambahnya konsentrasi kitosan. Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian yang melaporkan penambahan kitosan mampu mengurangi tingkat pelunakan buah jambu jambu biji. Konsentrasi 2% kitosan merupakan tingkat yang optimal untuk mempertahankan kekencangan (*firmness*) buah jambu [42]. Temuan suatu penelitian melaporkan temuan sejenis dimana pelapis edibel berbasis kitosan 1% efektif dalam mempertahankan kekerasan buah [43]. Kitosan mampu mempertahankan kekerasan buah melalui mekanisme perlindungan permukaan buah, termasuk kutikel dan lentisel, serta mengurangi infeksi.

Temuan penelitian ini juga didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak daun salam menunjukkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai tekstur buah jambu kristal ($p < 0,05$). Seiring meningkatnya konsentrasi

ekstrak, kekerasan buah juga meningkat. Hal ini disebabkan oleh kemampuan senyawa aktif dalam ekstrak daun salam yang dapat memperlambat metabolisme dan melindungi struktur jaringan sel buah. Senyawa aktif seperti tanin, flavonoid dan minyak atsiri dapat menghambat masuknya oksigen melalui lapisan pelindung serta memperlambat proses metabolisme yang biasanya mengubah karbohidrat menjadi senyawa larut air yang menyebabkan pelunakan tekstur [44].

Berdasarkan data pada Tabel 5, diketahui bahwa semakin lama waktu penyimpanan, tekstur jambu kristal mengalami penurunan. Perubahan tersebut terjadi akibat proses perombakan zat protopektin yang tidak larut dalam air, yang merupakan komponen utama dinding sel buah, menjadi pektin dan asam pektat yang larut dalam air, sehingga tekstur buah mengalami penurunan [28]. Selain itu, pelunakan tekstur buah juga disebabkan oleh proses transpirasi dan respirasi. Proses respirasi akan menguraikan senyawa karbohidrat dalam buah, yang mengakibatkan kerusakan jaringan buah dan membuat teksturnya menjadi lebih lunak, sementara proses transpirasi menyebabkan penguapan air dalam buah ke lingkungan sekitar, yang mengarah pada pengeringan dan pengerutan buah [45]. Dengan demikian, penerapan pelapis edibel kitosan dengan penambahan ekstrak daun salam dapat memperlambat proses pelunakan tekstur selama penyimpanan dibandingkan tanpa perlakuan.

Total Padatan Terlarut

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan menunjukkan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai total padatan terlarut pada buah jambu kristal. Data menunjukkan semakin tinggi konsentrasi kitosan yang digunakan, semakin rendah pula peningkatan nilai total padatan terlarut. Hal ini mengindikasikan bahwa kitosan pada konsentrasi 2% lebih efektif dalam mempertahankan stabilitas total padatan terlarut. Temuan sebuah penelitian menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dapat menurunkan total padatan terlarut karena kemampuannya dalam menghambat laju respirasi dan metabolisme buah. Mekanisme ini berperan dalam memperlambat proses konversi pati tidak larut menjadi glukosa, sehingga akumulasi total padatan terlarut dapat dikendalikan selama penyimpanan [30]. Temuan ini didukung dengan penelitian yang menyatakan pelapis edibel dengan konsentrasi kitosan 1,5%–2% paling efektif dalam memperlambat penurunan total padatan terlarut pada buah jambu biji selama penyimpanan [37].

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun salam juga memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai total padatan terlarut jambu kristal. Serupa dengan kitosan, peningkatan konsentrasi ekstrak daun salam cenderung menurunkan akumulasi total padatan terlarut. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa antioksidan dalam ekstrak daun salam yang berfungsi menekan laju metabolisme dan mengurangi kerusakan jaringan buah, sehingga proses peningkatan total padatan terlarut dapat diperlambat. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang melaporkan bahwa penggunaan ekstrak tanaman, seperti ekstrak daun randu, dapat menghambat peningkatan total padatan terlarut dengan mengurangi laju respirasi pada komoditas hortikultura, seperti timun [39]. Hasil temuan penelitian lainnya juga melaporkan temuan yang sama dimana penggunaan ekstrak tanaman seperti ekstrak daun cincau pada pelapis edibel menunjukkan penurunan total padatan terlarut lebih lambat, disebabkan oleh laju respirasi yang lebih lambat akibat adanya lapisan pelindung [41].

Perubahan Fisik

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa warna buah jambu kristal mengalami perubahan selama penyimpanan. Pada hari ke-0 warna buah jambu kristal berwarna hijau dan berubah menjadi kekuningan pada hari ke-12. Perubahan ini terlihat signifikan pada buah kontrol (tanpa pelapisan) dibanding dengan perlakuan pelapis edibel. Selain itu, pada hari ke-12 penyimpanan, buah jambu kristal kontrol sudah mengalami kebusukan. Pelapis edibel dengan konsentrasi kitosan 2% dan ekstrak daun salam 15% menunjukkan penampakan fisik (warna) yang tidak banyak berubah serta tidak mengalami kebusukan.

Terkait warna, temuan sebuah penelitian menyatakan bahwa penambahan konsentrasi kitosan dapat mempertahankan nilai kecerahan pada buah jambu [46]. Keberadaan kitosan dalam pelapis edibel juga menghambat diskolorisasi (perubahan warna hijau ke kuning) serta pengerutan buah jambu [47]. Tidak hanya itu, pelapisan dengan ekstrak tanaman dan minyak esensial pada permukaan buah dilaporkan dapat mengurangi keluarnya CO₂ pada buah dan mengurangi difusi O₂ pada permukaan buah sehingga degradasi klorofil pada buah dapat terhambat sehingga warna dapat dipertahankan [48].

Kombinasi kitosan dengan senyawa alami dapat menghambat fungi patogen seperti *Colletotrichum gloeosporioides* pada buah jambu [48] [48] menunjukkan bahwa ekstrak daun salam memiliki kandungan senyawa aktif dalam daun salam, seperti sitral, eugenol, tanin, dan flavonoid, yang memiliki sifat antimikroba [49]. Hal ini menyebabkan buah jambu yang diberikan pelapisan edibel memiliki ketahanan terhadap serangan fungi/jamur selama penyimpanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dan ekstrak daun salam secara signifikan meningkatkan viskositas larutan *edible coating*, aktivitas antioksidan, serta daya hambat terhadap *E. coli*. Kombinasi keduanya juga efektif dalam mempertahankan kualitas fisikokimia buah jambu kristal, seperti mengurangi susut bobot, menjaga tekstur, menstabilkan total padatan terlarut, dan memperlambat perubahan warna serta kebusukan selama penyimpanan. Formulasi *edible coating* berbasis kitosan 2% dan ekstrak daun salam 15% direkomendasikan untuk aplikasi pada buah jambu kristal guna memperpanjang umur simpan dan menjaga mutu pasca panen. Penggunaan *edible coating* alami ini dapat diterapkan dalam industri pascapanen hortikultura sebagai alternatif ramah lingkungan untuk mengurangi kehilangan hasil, memperpanjang masa simpan, dan meningkatkan nilai jual buah tropis seperti jambu kristal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Pertanian serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas dukungan dan fasilitas yang diberikan melalui skema Hibah Internal Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak: B/763/UN43.9/PM.00.03/2024, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian atas bantuan sarana dan prasarana selama proses penelitian, serta kepada rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan teknis dalam pelaksanaan kegiatan ini.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penyelesaian penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Surbakti, Salmiah, and T. Supriana, "Marketing strategy of crystal guava (*Psidium Guajava* L.) as an alternative opportunity community economic empowerment (Tanjung Anom Village, Pancur Batu District, Deli Serdang Regency)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 782, no. 2, pp. 1–6, 2021, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022037>.
- [2] R. A. D. Widyastuti, S. D. Utomo, D. H. Pangaribuan, P. Sanjaya, H. A. Warganegara, and W. Agustin, "The growth of 'Crystal' guava seedling in response to pinching and dormancy breaking chemicals," *Kultivasi*, vol. 21, no. 3, pp. 279–285, 2022, <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.40791>.
- [3] D. Rustani and S. Susanto, "Kualitas Fisik dan Kimia Buah Jambu 'Kristal' pada Letak Cabang yang Berbeda," *Buletin Agrohorti*, vol. 7, no. 2, pp. 123–129, 2019, <https://doi.org/10.29244/agrob.7.2.123-129>.
- [4] C. Ramdhona, D. Rochdiani, and B. Setia, "Analisis Kelayakan Usahatani Jambu Kristal (*Psidium guajava* L.) (Studi Kasus pada Pengembang budidaya Jambu Kristal di Desa Bangunsari Kecamatan Pamarican Kabupaten Ciamis)," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, vol. 6, no. 3, pp. 596–603, 2019, <https://doi.org/10.25157/jimag.v6i3.2536>.
- [5] N. Yolanda, N. Khamidah, and A. Rizali, "Teknologi Edible Coating Menggunakan Lilin Lebah (Beeswax) dan Kitosan," *Agroekotek View*, vol. 4, no. 2, pp. 114–124, 2021, <https://doi.org/10.20527/agtview.v4i2.2848>.
- [6] A. Prasetyo, D. M. Prasta, A. D. Arum, B. Y. Islami, A. Lee, and S. Winarti, "Karakteristik Edible Coating Dari Pati Umbi Udara (Air Potato) Dengan Penambahan Plasticizer Yang Berbeda," *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 12, no. 1, pp. 18–26, 2018, <https://doi.org/10.33005/jtp.v12i1.1097>.
- [7] H. Y. Sriyana, L. H. Rahayu, and M. E. Febriana, "Bioplastik Dari Limbah Kulit Buah Nanas Dengan Modifikasi Gliserol Dan Kitosan," *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, vol. 8, no. 1, p. 40, 2023, <https://doi.org/10.31942/inteka.v18i1.8094>.
- [8] S. Chaparro-Hernandez, S. Ruiz-cruz, M. Enrique, D. Jes, C. L. Del-toro s, and L. E. Gassos-ortega, "Coating on the Quality , Shelf Life , and Antioxidant Capacity of Pork during Refrigerated Storage," *Coatings MDPI*, vol. 9, no. 12, pp. 1–16, 2019, <https://doi.org/10.3390/coatings9120827>.
- [9] A. A. Z. Rohmah, A. N. A. Fajrin, and S. Gunawan, "Aplikasi Kitosan berbasis Kulit Udang Sebagai Alternatif Substitusi Lilin Pelapis dalam Rangka Peningkatan Umur Simpan Buah-Buahan: A Review," *Halal Research Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 120–136, 2022, <https://doi.org/10.12962/j22759970.v2i2.420>.

- [10] M. Norihsan and S. Megantara, "Artikel review: uji aktivitas dan efek farmakologi daun salam (*Eugenia polyantha*)," *Jurnal Farmaka*, vol. 16, no. 3, pp. 44–54, 2018, <https://doi.org/10.24198/jf.v16i3.17319>.
- [11] M. N. Handayani, S. Karlina, Y. Sugiarti, and D. Cakrawati, "Application of edible coating from cassava peel - Bay leaf on avocado," in *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1013, no. 1, 2018, p. 108, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012168>.
- [12] S. M. Yanestria, A. Rahayu, B. Chrystin Rambu Uru, and A. Yoppy Ro Chandra, "Ekstrak Daun Salam (*Eugenia polyantha*, Weight.) sebagai Pengawet Alami pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)," *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, vol. 11, no. 2, pp. 127–134, 2020, <https://doi.org/10.35316/jsapi.v11i2.890>.
- [13] P. Fuaidah, J. Triastuti, and H. Pramono, "The Effects of Different Concentrations of Bay Leaf Extract on Shelf Life of Preserved Scad Fish," *World's Veterinary Journal*, vol. 11, no. 3, pp. 431–438, 2021, <https://doi.org/10.54203/scil.2021.wvj55>.
- [14] A. Naeem, T. Abbas, T. M. Ali, and A. Hasnain, "Effect of antioxidant and antibacterial properties of guar gum coating containing spice extracts and its application on tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.)," *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2018, <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9890-5>.
- [15] A. Naeem, T. Abbas, T. Mohsin Ali, and A. Hasnain, "Application of guar gum-based edible coatings supplemented with spice extracts to extend post-harvest shelf life of lemon (*Citrus limon*)," *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, vol. 11, no. 3, pp. 241–250, 2019, <https://doi.org/10.3920/QAS2018.1310>.
- [16] J. Maghfiroh, A. D. Sofa, A. Aprillia, and A. R. Affandi, "Efektivitas Penambahan Kitosan dan Ekstrak Jeruk Nipis dalam Pembuatan Antimicrobial Edible Coating dan Aplikasinya pada Fresh-Cut Jambu Biji Kristal," *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, vol. 2, no. 1, p. 82, 2018, <https://doi.org/10.26877/jiphp.v2i1.2489>.
- [17] M. S. Nair, A. Saxena, and C. Kaur, "Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.)," *Food Chemistry*, vol. 240, pp. 245–252, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122>.
- [18] B. J. Arroyo, A. C. Bezerra, L. L. Oliveira, S. J. Arroyo, E. A. A. de Melo, and A. M. P. Santos, "Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.)," *Food Chemistry*, vol. 309, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125566>.
- [19] Z. A. Nur Hanani, K. L. Soo, W. I. Zunairah, and S. Radhiah, "Prolonging the shelf life of fresh-cut guava (*Psidium guajava* L.) by coating with chitosan and cinnamon essential oil," *Heliyon*, vol. 9, no. 12, p. e22419, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22419>.
- [20] S. Mayasari and L. Setyaningrum, "Effectiveness Of Antihypercholesterolemia Ethanol Extract Of Bay Leaf (*Syzygium Polyanthum*) In Male Rats With Diabetes Mellitus Strain Wistar," *Jurnal Kesehatan dr. Soebandi*, vol. 10, no. 1, pp. 33–38, 2022, <https://doi.org/10.36858/jkds.v10i1.331>.
- [21] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, and C. Berset, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 25–30, 1995, [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- [22] M. Balouiri, M. Sadiki, and S. K. Ibnsouda, "Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review," *Journal of Pharmaceutical Analysis*, vol. 6, no. 2, pp. 71–79, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>.
- [23] E. Huerta, J. E. Corona, A. I. Oliva, F. Avilés, and J. González-Hernández, "Universal testing machine for mechanical properties of thin materials," *Revista Mexicana de Física*, vol. 56, no. 4, pp. 317–322, 2010.
- [24] P. Lumbantoruan and E. Yulianti, "Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli)," *Jurnal Sainmatika*, vol. 13, no. 2, pp. 26–34, 2016, <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v13i2.993>.
- [25] A. P. M. D. Kamdoa, M. Nindatu, I. Kushadiani, E. Astuty, H. Rahawarin, and E. Asmin, "Uji aktivitas antioksidan alga cokelat *saragassum* sp. dengan metode 1,1- difenil-2-pikrihidrasil (dpph)," *Patimura Medical Review*, vol. 3, no. April, pp. 60–72, 2021, <https://doi.org/10.30598/pamerivol3issue1page60-72>.
- [26] W. Deglas, "Pengaruh Jenis Plastik Polyethylene (Pe), Polypropylene (Pp), High Density Polyethylene (Hdpe), Dan Overheated Polypropylene (Opp) Terhadap Kualitas Buah Pisang Mas," *Jurnal Pertanian Dan Pangan*, vol. 5, no. 1, pp. 33–42, 2023.

- [27] K. Kusumiyati, I. E. Putri, Y. Hadiwijaya, and S. Mubarak, "Respon nilai kekerasan, kadar air dan total padatan terlarut buah jambu kristal pada berbagai jenis kemasan dan masa simpan," *Jurnal AGRO*, vol. 6, no. 1, pp. 49–56, 2019, <https://doi.org/10.15575/4142>.
- [28] Y. Hadiwijaya, K. Kusumiyati, and A. A. Munawar, "Prediksi Total Padatan Terlarut Buah Melon Golden (Cucumis Melo L.) Menggunakan Vis-Swnirs dan Analisis Multivariat," *Jurnal Penelitian Saintek*, vol. 25, no. 2, pp. 103–114, 2020, <https://doi.org/10.21831/jps.v25i2.34487>.
- [29] K. Kusumiyati, F. Farida, W. Sutari, J. S. Hamdani, and S. Mubarak, "Pengaruh waktu simpan terhadap nilai total padatan terlarut, kekerasan dan susut bobot buah mangga arumanis," *Kultivasi*, vol. 17, no. 3, pp. 766–771, 2018, <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i3.18698>.
- [30] N. Kaur, C. Somasundram, Z. Razali, A.-h. I. Mourad, F. Hamed, and Z. F. R. Ahmed, "Aloe vera / Chitosan-Based Edible Film with Enhanced," *polymers*, vol. 16, p. 242, 2024, <https://doi.org/10.3390/polym16020242>.
- [31] S. Yang, K. Zhang, J. Cui, and D. Zhang, "Effect of Temperature and Concentration on the Viscosity of Chitosan Solution in Water/Ethanol Mixed Solvent," *Cailiao Daobao/Materials Review*, vol. 31, no. 12, pp. 109–113, 2017, <https://doi.org/10.11896/j.issn.1005-023X.2017.024.022>.
- [32] B. M. Nur, Z. Zaidiyah, and F. Luthfi, "Characteristics of corn starch-based edible coating enriched with curry leaf extract on quality of the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 922, no. 1, pp. 0–9, 2021, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/922/1/012065>.
- [33] D. Marlina and R. Syafitri, "Aktivitas Antioksidan Ekstrak Dan Infusa Daun Salam (*Eugenia Polyantha* Wight.) Dan Daun Tempuyung (*Sonchus Arvensis* L.) Dengan Metode Dpph Secara Spektrofotometri Uv-Vis," *JKPharm Jurnal Kesehatan Farmasi*, vol. 1, no. 1, pp. 26–35, 2023, <https://doi.org/10.36086/jkpharm.v1i1.1766>.
- [34] F. Fiardilla, P. G. Putri, and U. Y. Sundari, "Karakteristik Fisik dan Aktivitas Antioksidan Edible Film dari Ekstrak daun Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.)," *Jurnal Pengembangan Agroindustri Terapan*, vol. 2, no. 2, 2023, <https://doi.org/10.25181/jupiter.v2i2.3220>.
- [35] R. Budi Lestari, A. Mulyadi Sirojul Munir, and Y. Arif Tribudi, "Pemanfaatan Kitosan Kulit Udang dengan Penambahan Ekstrak Daun Kesum sebagai Penghambat Bakteri pada Edible Coating," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 19, no. 3, pp. 207–214, 2018, <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2018.019.03.7>.
- [36] A. S. Naiu, L. Mile, and T. Rondonuwu, "Pengaruh Konsentrasi Larutan Edible Coating Kitosan- Air Kelapa Dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Fillet Ikan Cakalang (*Katsuwonus Pelamis*)," *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2023, <https://doi.org/10.35800/mthp.11.1.2023.43322>.
- [37] R. F. Sitorus, T. Karo-Karo, and Z. Lubis, "Pengaruh Konsentrasi Kitosan sebagai Edible Coating dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Jambu Biji Merah," *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, vol. 2, no. 1, pp. 37–46, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002>.
- [38] G. Romanazzi and M. Mounni, "Chitosan and other edible coatings to extend shelf life, manage postharvest decay, and reduce loss and waste of fresh fruits and vegetables," *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 78, p. 102834, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102834>.
- [39] I. Ifmalinda, K. Fahmy, and N. L. Zein, "Studi Penambahan Ekstrak Daun Randu (*Ceiba pentandra*) Pada Edible Coating Gel Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) Terhadap Mutu Mentimun (*Cucumis sativus* L.)," *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 11, no. 1, pp. 48–62, 2023, <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.05>.
- [40] R. Refilda, Riga Habib Ngestu, Emil Salim, and Yefrida, "Teknik Edible Coating dengan menggunakan Campuran Gel Lidah Buaya dan Ekstrak Daun Psidium guajava L. untuk Mempertahankan Sifat Fisikokimia Buah Jambu Biji," *Jurnal Riset Kimia*, vol. 13, no. 2, pp. 163–177, 2022, <https://doi.org/10.25077/jrk.v13i2.501>.
- [41] R. Hayati, S. Syamsuddin, and A. Fadhilah Naulina, "Konsentrasi Ekstrak Daun Cincau Hijau (*Cyclea barbata* Miers) sebagai Edible Coating terhadap Kualitas dan Masa Simpan Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.)," *Jurnal Agrium*, vol. 19, no. 3, p. 328, 2022, <https://doi.org/10.29103/agrium.v19i4.9732>.

- [42] Amina, M. Z. Rashid, and A. Rashid, "Efficacy of Edible Chitosan Formulation in Quality Maintenance and Shelf Life of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit During Cold Storage," *Sarhad Journal of Agriculture*, vol. 38, no. 1, pp. 266–274, 2021, <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.SJA/2022/38.1.266.274>.
- [43] D. Kaur, M. Singh, and R. Saroj, "Optimized Chitosan Edible Coating for Shelf Life Extension of Guava and its Characterization," *Measurement: Food*, vol. 14, p. 100145, 2023, <https://doi.org/10.2139/ssrn.4601524>.
- [44] D. F. Ayu, R. Efendi, V. S. Johan, and L. Habibah, "Penambahan Sari Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata*) Dalam Edible Coating Pati Sagu Meranti Terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi dan Kesukaan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill)," *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2020, <https://doi.org/10.17969/jtipi.v12i1.15521>.
- [45] K. Mukhtarom, S. Sutrisno, and R. Hasbullah, "Hot Water Treatment (HWT) Followed by CaCl_2 Solution Immersion to Maintain the Quality of Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.)," *Jurnal Keteknik Pertanian*, vol. 04, no. 1, pp. 37–44, 2016, <https://doi.org/10.19028/jtep.04.1.37-44>.
- [46] K. Rama Krishna and D. V. Sudhakar Rao, "Effect of chitosan coating on the physiochemical characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) fruits during storage at room temperature," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 5, pp. 554–558, 2014, <https://doi.org/10.17485/ijst/2014/v7i5.4>.
- [47] C. Shu, B. Kim-Lee, and X. Sun, "Chitosan Coating Incorporated with Carvacrol Improves Postharvest Guava (*Psidium guajava*) Quality," *Horticulturae*, vol. 10, no. 1, p. 80, 2024, <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010080>.
- [48] S. A. Supa, P. Howlader, M. Ali, R. A. Rupa, and S. K. Bose, "Edible coatings maintained postharvest quality and increased shelf life of guava fruits," *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, vol. 7, no. Special Issue, pp. 15–34, 2024, <https://doi.org/10.22077/jhpr.2023.6531.1324>.
- [49] D. Rizka, A. Pulungan, D. Syahfitri, and D. Adelia, "Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Rempah Khas Indonesia dengan Berbagai Manfaat Farmakologi : Literature Review," *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, vol. 4, no. 3, pp. 423–437, 2024, <https://doi.org/10.37311/ijpe.v4i3.28452>.