

Pengaruh Pelapisan Nanopartikel Kitosan terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia dan Sensoris Pascapanen Buah Stroberi California (*Fragaria x Ananassa*)

The Effect of Chitosan Nanoparticle Coating on The Physico-Chemical and Sensory Characteristics of Postharvest California Strawberry (*Fragaria x Ananassa*)

Raka Maydia Purnama, I Made Supartha Utama*, I Putu Gede Budisanjaya

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

*email: supartha_utama@unud.ac.id

Abstrak

Stroberi California (*Fragaria x Ananassa*) merupakan buah yang disukai namun memiliki umur simpan pendek karena sifatnya yang mudah rusak. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pelapisan nanopartikel kitosan terhadap karakteristik fisiko-kimia dan sensoris stroberi selama penyimpanan. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan konsentrasi nanopartikel kitosan: 0,5% (E1), 1% (E2), 1,5% (E3), dan 2% (E4), masing-masing diulang tiga kali. Buah disimpan pada suhu ruang selama 8 hari, dan dilakukan pengamatan terhadap susut bobot, kekerasan, warna, total padatan terlarut, total asam, serta uji sensoris rasa dan aroma. Hasil menunjukkan bahwa pelapisan nanopartikel kitosan memberikan pengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diamati. Perlakuan 1,5% (E3) menunjukkan hasil terbaik dalam mempertahankan mutu fisik dan kimia, dengan susut bobot terendah (65,02%), kekerasan 4,27 N, total padatan terlarut 7,57 °Brix, dan total asam 1,46%. Sementara itu, perlakuan 2% (E4) menghasilkan skor tertinggi pada uji sensoris rasa dan aroma serta kestabilan warna dengan nilai *color difference* sebesar 25,72. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pelapisan dengan nanopartikel kitosan, khususnya pada konsentrasi 1,5–2%, efektif dalam memperpanjang masa simpan dan mempertahankan kualitas stroberi selama penyimpanan pada suhu ruang.

Kata kunci: *Fragaria x Ananassa*, edible coating, nanopartikel, kitosan, stroberi pascapanen

Abstract

California Strawberry (*Fragaria x Ananassa*) is a popular fruit but have a short shelf life due to their perishable nature. This study aimed to evaluate the effect of chitosan nanoparticle coating on the physicochemical and sensory characteristics of strawberries during storage. The research was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four chitosan nanoparticle concentrations: 0.5% (E1), 1% (E2), 1.5% (E3), and 2% (E4), each replicated three times. The fruits were stored at room temperature for 8 days, with observations made on weight loss, firmness, color, total soluble solids, total acidity, and sensory evaluation of taste and aroma. The results showed that the chitosan nanoparticle coating had a significant effect on all observed parameters. The 1.5% treatment (E3) yielded the best results in maintaining physical and chemical quality, with the lowest weight loss (65.02%), firmness of 4.27 N, total soluble solids of 7.57 °Brix, and total acidity of 1.46%. Meanwhile, the 2% treatment (E4) received the highest scores in sensory evaluation of taste and aroma, as well as the most stable color with a color difference value of 25.72. These findings indicate that chitosan nanoparticle coating, particularly at concentrations of 1.5–2%, is effective in extending the shelf life and preserving the quality of strawberries during storage at room temperature.

Keywords: *Fragaria x Ananassa*, edible coating, nanoparticles, chitosan, postharvest strawberry

PENDAHULUAN

Stroberi California (*Fragaria x Ananassa*) merupakan buah yang sangat digemari masyarakat karena warna, rasa, dan nilai gizinya yang tinggi, khususnya kandungan vitamin C dan senyawa bioaktif seperti antosianin. Namun, stroberi California juga tergolong sebagai buah yang sangat mudah rusak (*highly perishable*) karena struktur permukaannya yang lunak, kulitnya yang tipis, dan aktivitas respirasi yang tinggi (Mitcham, 2023). Buah ini termasuk non-klimakterik, artinya tidak mengalami pematangan lanjut setelah panen, sehingga mutunya cepat menurun, terutama dalam kondisi penyimpanan yang tidak ideal (Kader, 2013; Hanif, 2014). Dalam suhu ruang, stroberi hanya mampu bertahan 3–4 hari setelah panen karena cepat kehilangan air, mengalami pelunakan jaringan, dan rentan terhadap infeksi mikroorganisme seperti *Botrytis cinerea* dan *Rhizopus stolonifera* (Wills *et al.*, 1998).

Isu utama dalam pascapanen stroberi adalah hilangnya mutu fisik dan organoleptik akibat dehidrasi, respirasi tinggi, serta oksidasi senyawa fenolik yang menyebabkan penurunan warna dan cita rasa (Ali *et al.*, 2011). Selain itu, rusaknya jaringan epidermis karena gesekan dan tekanan selama distribusi juga mempercepat kerusakan dan memicu aktivitas mikroba pathogen (Hernández *et al.*, 2006). Karena itu, teknologi penanganan pascapanen harus diarahkan untuk mengurangi kontak dengan oksigen, mempertahankan kelembaban, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan. Salah satu pendekatan yang ramah lingkungan dan semakin banyak dikembangkan adalah aplikasi *edible coating*.

Edible coating merupakan lapisan tipis berbahan alami yang dapat dimakan, diaplikasikan ke permukaan buah untuk memperlambat proses respirasi dan transpirasi, serta sebagai penghalang terhadap oksigen dan mikroorganisme (Syarifuddin, 2015; Valenzuela, 2023). Bahan-bahan pelapis ini umumnya berasal dari polisakarida, protein, atau lipid, yang dapat membentuk film tipis dan transparan tanpa mengubah karakteristik organoleptik buah. Salah satu bahan yang paling potensial adalah kitosan, yaitu turunan deasetilasi dari kitin yang diperoleh dari eksoskeleton udang, kepiting, dan hewan krustasea lainnya. Kitosan memiliki sifat antimikroba, antibakteri, dan membentuk lapisan semipermeabel yang mampu menekan respirasi dan kehilangan air (Wang, 2013; Petriccione *et al.*, 2015).

Kemajuan terbaru dalam teknologi pelapisan adalah penggunaan kitosan dalam bentuk nanopartikel. Nanopartikel kitosan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil (100–500 nm), sehingga mampu membentuk lapisan yang lebih rapat, seragam, dan memiliki luas permukaan lebih tinggi. Ini meningkatkan efektivitasnya dalam menghambat pertukaran gas, mempertahankan kelembaban, dan menghambat pertumbuhan patogen permukaan buah (Rosyada, 2019; Valenzuela 2023). Studi oleh Gad (2018) menunjukkan bahwa pelapisan buah persik dengan nanopartikel kitosan mampu mempertahankan tekstur dan memperpanjang umur simpan hingga 28 hari. Sementara itu, (Alshallash *et al.* 2022) melaporkan bahwa pelapisan jeruk *Valencia* dengan 0,8% nanopartikel kitosan mampu menahan serangan *Penicillium digitatum* dan memperpanjang masa simpan hingga 75 hari pada suhu ruang. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Harianingsih (2010) pada buah pisang dan oleh (Shan *et al.* 2023) pada stroberi varietas Hongyan yang disimpan dalam suhu dingin. Meskipun pelapisan kitosan telah banyak diteliti, kajian ilmiah mengenai penggunaan konsentrasi nanopartikel kitosan yang tepat untuk stroberi pada suhu ruang masih terbatas. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan konsentrasi tetap dan tidak membandingkan efektivitas antar tingkatan konsentrasi secara sistematis. Selain itu, pengaruh pelapisan terhadap berbagai parameter mutu seperti susut bobot, kekerasan, total padatan terlarut, total asam, warna (*color difference*), dan atribut sensoris seperti rasa dan aroma juga belum dikaji secara menyeluruh dalam satu sistem eksperimental yang terkontrol.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh pelapisan nanopartikel kitosan terhadap mutu fisikokimia dan sensoris stroberi selama penyimpanan pada suhu ruang. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan konsentrasi nanopartikel kitosan yang paling efektif dalam mempertahankan kualitas stroberi, sehingga dapat direkomendasikan sebagai teknologi alternatif yang aplikatif dan ramah lingkungan dalam penanganan pascapanen buah hortikultura.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pasca Panen, Program Studi Teknik Pertanian & Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

dan di Laboratorium Analisis Pertanian Universitas Warmadewa. Penelitian dilakukan antara bulan Desember 2024– Januari 2025.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah stroberi califonia dengan warna merah, berat 10-15 gram, dan buah masih *fresh* yang di dapat langsung dari Wiwanda Agrow, Bedugul, Tabanan, Bali. Bahan perlakuan pelapisan adalah kitosan yang didapat dari toko Chimultiguna serta bahan tambahan untuk pembuatan nanopartikel meliputi asam asetat, sodium tripolifosfat, akuadest yang di beli di toko Saba Kimia dan NaOH yang didapat dari Laboratorium Analisis Pertanian Universitas Warmadewa. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu beaker glass, timbangan digital l(merk Adventure Pro Av 8101 Ohaus, New York, Usa), gelas ukur, pH meter (Lutron PH-223,Taiwan), saringan, alat pengaduk, Ultrasonics Homogenizer(Qsonica,ITS Science Indonesia), pipet, magnetic stirrer (VWR VMS-C7) , *texture analyzer* (TA.XTplus, England), colorimeter (PCE-CSM 4, United Kingdom), refraktometer(Atago,Jepang) dan buret.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan yaitu konsentrasi nanopartikel kitosan 0,5% (E1) , 1% (E2) , 1,5% (E3) , 2% (E4) dan kontrol. Masing masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga menghasilkan 15 unit percobaan yang disimpan pada suhu ruang (23 – 28°C).

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

a. Penyiapan buah stroberi sebagai bahan penelitian

Buah stroberi California yang didapat langsung dari Wiwanda Agrow, Bedugul, Tabanan, Bali. Kriteria Buah stroberi yang digunakan pada penelitian ini adalah buah yang memiliki berat 10-15 gram, warna merah, tidak adanya kerusakan atau cacat pada permukaan buah

b. Pembuatan Nanopartikel Kitosan

Proses pembuatan nanopartikel kitosan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode gelasi ionik (ionic gelation method) yang mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Alshallash (2022). Tahapan awal pembuatan nanopartikel dilakukan dengan menimbang kitosan serbuk pada empat tingkat konsentrasi, yaitu 0,5 g, 1,0 g, 1,5 g, dan 2,0 g. Masing-masing kitosan dilarutkan ke

dalam 100 mL larutan asam asetat 1% (v/v). Proses pelarutan dilakukan menggunakan magnetic stirrer selama ± 30 menit hingga diperoleh larutan kitosan homogen. Setelah itu, pH larutan disesuaikan menjadi 5,5 dengan penambahan larutan NaOH 0,01 N secara bertahap sambil terus diaduk dengan magnetic stirrer, untuk menciptakan kondisi optimal bagi proses pembentukan nanopartikel. Selanjutnya, larutan natrium tripolifosfat (TPP) 1% (w/v) ditambahkan tetes demi tetes ke dalam larutan kitosan menggunakan pipet tetes sambil terus diaduk dengan magnetic stirrer. Setelah seluruh TPP tercampur, campuran kemudian diproses menggunakan ultrasonic homogenizer selama 30 menit pada suhu ruang ($\pm 27^\circ\text{C}$) untuk memperkecil ukuran partikel dan meningkatkan kestabilan suspensi. Proses ini memungkinkan terbentuknya nanopartikel kitosan secara spontan melalui ikatan silang ionik antara kitosan dan TPP, nanopartikel kitosan yang dihasilkan memiliki ukuran rata-rata sekitar $290,1 \pm 3,8$ nm.

c. Pelapisan nanopartikel kitosan

Metode pelapisan nanopartikel kitosan dilakukan dengan cara pencelupan buah stroberi pada larutan nanopartikel kitosan selama 1 menit ± 10 detik, kemudian dilakukan penirisan pada keranjang yang berlubang.

d. Penyimpanan dan pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali, yaitu pada hari ke 0, 2, 4, 6 dan 8. Pengamatan dilakukan selama 8 hari di simpan pada suhu ruang (23-28 °C)

Pengamatan Parameter Fisiko-Kimia

• Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan berdasarkan selisih berat awal dan berat pada saat pengukuran selama periode penyimpanan buah yang dinyatakan dalam %, dengan formula berikut:

$$\text{susut bobot}(\%) = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \times 100\% \quad [1]$$

Keterangan:

w_0 = berat awal produk (berat pada hari ke 0)

w_t = berat buah setelah proses penyimpanan pada hari ke-t

• Kekerasan Buah

Pengukuran kekerasan buah menggunakan alat texture analyzer (TA.XTplus, England). Alat texture analyzer dihubungkan pada computer,

pengaturan kecepatan tusukan dan dalam tusukan diatur pada software “Texture Exponent 32”. Kecepatan tusukan yang digunakan dalam pengukuran kekerasan buah stroberi 5 mm/s dengan kedalaman 10 mm dan nilai kekerasan dinyatakan dalam satuan N. penekanan dilakukan hingga menembus daging buah.

- *Color Difference*

Perihal yang diamati pada pengamatan warna adalah tingkatan kecerahan (L^*) dengan nilai (range 0-100) yang semakin besar menunjukkan tingkat yang semakin cerah atau menuju putih. Nilai a^* (range -128 hingga 127) dimana nilai a^* (-) menunjukkan sampel semakin hijau, nilai a^* (+) menunjukkan sampel semakin merah. Nilai b^* (range -128 hingga 127) dimana nilai b^* (-) menunjukkan sampel semakin biru, nilai b^* (+) menunjukkan sampel semakin kuning. Pengamatan warna buah menggunakan alat *colorimeter* (*PCE-CSM 4*, United Kingkom). Adapun rumus yang digunakan untuk mengukur perbedaan sebagai berikut (Rhim *et al.*, 1999).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad [2]$$

Keterangan:

ΔE^* = perbedaan warna total

$\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ = perbedaan warna dari nilai L^* , a^* dan b^*

- Total Padatan Terlarut

Pada pengamatan Total Padatan Terlarut (TPT) alat yang digunakan adalah digital *refraktometer* dengan menggunakan satuan $^{\circ}\text{Brix}$. Untuk dilakukannya penelitian terlebih dahulu buah stroberi dipotong serta diekstrak cairan jusnya atau sari buah stroberi tersebut setelah itu diukur menggunakan *refraktometer*.

- Total Asam

Pengukuran total asam dilakukan dengan menimbang 10 gr daging buah, lalu daging buah diperas untuk didapatkan air buah, lalu dicampurkan dengan air sebanyak 250 ml, kemudian disaring dengan kertas saring. Lalu sebanyak 10 ml filtrate dititrasi dengan NaOH 0,1 N dan 3 tetes indicator fenolftalin (pp) sampai berwarna merah muda (Dewi *et al.*, 2019). Total asam dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Total Asam} = \frac{V \times N \times P}{g} \times 100\% \quad [3]$$

V = Volume larutan NaOH (ml)

N = Normalitas larutan NaOH

P = Pengencer

g = Massa sampel (gram)

Pengamatan Parameter Sensoris

Uji sensoris merupakan cara pengujian dengan menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk pengukuran daya penerimaan terhadap produk. Uji sensoris dilakukan dengan menggunakan kuisioner yang akan diberikan kepada 15 panelis yang merupakan Mahasiswa Universitas Udayana yang berada di Gedung Agrokomplek.

- Rasa Buah

Skor kesukaan rasa buah

Skor	Tingkat kesukaan
1	Sangat tidak suka (Rasa Terlalu Asam)
2	Tidak suka (Asam)
3	Biasa (Tidak Asam dan Tidak Manis)
4	Suka (Manis)
5	Sangat suka (Sangat Manis)

- Aroma Buah

Skor kesukaan aroma buah

Skor	Tingkat kesukaan
1	Sangat tidak suka
2	Tidak suka
3	Biasa
4	Suka
5	Sangat suka

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan metode Analisis Ragam (ANOVA) dan apabila pengaruh perlakuan signifikan, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Text* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut Bobot

Berdasarkan hasil uji ANOVA, perlakuan pelapisan nanopartikel kitosan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap susut bobot buah stroberi pada hari ke-2, ke-4, ke-6, dan ke-8 masa penyimpanan. Hasil uji DMRT yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan E3 (1,5%) dan E4 (2%) secara nyata berbeda dari kontrol, khususnya pada hari ke-6 dan ke-8.

Tabel 1. Nilai rata-rata susut bobot buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	0	20.30a	41.69a	63.63a	87.24a
E1	0	18.23ab	38.65a	59.81a	83.53a
E2	0	15.11b	32.07b	49.38b	67.58b
E3	0	15.53b	31.73b	48.26b	65.02b
E4	0	15.52b	32.20b	49.41b	66.50b

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Pada hari ke-8, perlakuan E3 menunjukkan nilai susut bobot terendah (65,02%) dibandingkan kontrol yang mencapai 87,24%. Hal ini menunjukkan efektivitas pelapisan nanopartikel kitosan dalam membentuk lapisan semipermeabel yang mampu menekan laju transpirasi dan penguapan air dari permukaan buah. Temuan ini sejalan dengan studi yang melaporkan bahwa pelapisan kitosan mengurangi kehilangan air selama penyimpanan dengan membentuk penghalang

difusi gas dan uap air. (Petriccione *et al.*, 2015; Valenzuela 2023)

Total Padatan Terlarut

Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) pada hari ke-0, ke-4, ke-6, dan ke-8. Hasil DMRT pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada hari ke-8, perlakuan E4 (2%) memiliki nilai TPT paling rendah (7,03 °Brix) dan berbeda nyata dari E0 (8,53 °Brix).

Tabel 2. Nilai rata-rata Total Padatan Terlarut buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	5.50a	6.20a	6.67ab	7.30a	8.53ab
E1	5.57ab	6.10a	6.80a	7.53a	8.50a
E2	5.37b	5.60b	6.50ab	7.00b	7.93ab
E3	5.10bc	5.57b	6.00b	6.67b	7.57b
E4	5.00c	5.27c	5.83b	6.40b	7.03b

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Berdasarkan data yang ditampilkan diketahui bahwa Peningkatan TPT mencerminkan pematangan buah melalui pemecahan karbohidrat menjadi gula. Perlakuan E4 menunjukkan bahwa pelapisan memperlambat proses ini. Hal ini diperkuat oleh Gad (2018) yang menyatakan bahwa pelapisan nanopartikel memperlambat respirasi dan metabolisme internal buah.

Kekerasan Buah

Hasil ANOVA menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,01$) dari perlakuan terhadap kekerasan buah stroberi mulai hari ke-2 hingga hari ke-8. Dari hasil DMRT pada Tabel 3, E3 (1,5%) dan E4 (2%) mempertahankan kekerasan buah lebih baik dan berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Berdasarkan

Pada hari ke-8, kekerasan buah E3 dan E4 masing-masing adalah 4,27 N dan 4,50 N, sedangkan kontrol hanya 0,95 N. Kitosan menghambat pelunakan dengan cara menekan aktivitas enzim pektinase dan selulase yang merusak dinding sel (Eroglu *et al.*, 2014). Shan *et al.* (2023) menegaskan bahwa edible coating menjaga integritas struktur jaringan buah, sehingga laju pelunakan dapat ditekan.

Total Asam

Perlakuan hanya memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada hari ke-8. Berdasarkan DMRT di Tabel 4, E3 (1,5%) dan E4 (2%) memiliki kandungan total asam yang tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan E1 yang menunjukkan penurunan drastis.

Tabel 3. Nilai rata-rata Kekerasan Buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	5.59	4.01b	2.54c	0.95c	
E1	5.11	4.07b	2.85c	1.54c	
E2	5.76	5.03a	4.31b	3.60b	2.84b
E3	5.91	5.51a	5.12a	4.78a	4.27a
E4	5.49	5.28a	5.07a	4.83a	4.50a

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Tabel 4. Nilai rata-rata Total Asam buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	1.60%	1.58%	1.54%	1.45%	
E1	1.55%	1.55%	1.49%	1.42%	0.47% b
E2	1.53%	1.51%	1.48%	1.44%	1.39% a
E3	1.51%	1.51%	1.51%	1.50%	1.46% a
E4	1.48%	1.49%	1.48%	1.47%	1.46% a

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Penurunan total asam berkaitan dengan penggunaannya sebagai substrat dalam respirasi. Pelapisan kitosan menekan respirasi aerobik, sehingga mempertahankan kandungan asam (Gol *et al.*, 2013; Petriccione *et al.*, 2015). Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan memperlambat proses pematangan internal.

Perubahan Warna (*Color Difference, ΔE*)

Berdasarkan Hasil ANOVA menunjukkan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada hari ke-4, ke-6, dan ke-8. Berdasarkan hasil DMRT pada Tabel 5, perlakuan E4 memiliki nilai $ΔE$ paling rendah (25,72) dan berbeda nyata dibanding kontrol (77,87).

Tabel 5. Nilai rata-rata *Color Difference* buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	0	20.25	35.13a	75.68a	77.87a
E1	0	24.89	24.95b	55.35b	58.96b
E2	0	29.42	20.93bc	45.69b	51.01bc
E3	0	28.18	23.22bc	36.93c	35.09c
E4	0	17.82	14.46c	21.60d	25.72c

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Tabel 6. Nilai rata-rata Aroma buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	4.16a	4.20a	4.18a	2.47b	
E1	3.98b	3.91ab	3.58b	3.20b	
E2	4.40a	4.24a	3.95ab	3.38ab	3.02b
E3	4.02b	3.86ab	3.98ab	3.67ab	3.20ab
E4	3.67c	3.49b	4.09a	3.78a	3.47a

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Pada data yang ditampilkan dapat diketahui bahwa ΔE mencerminkan perubahan warna total selama penyimpanan, termasuk degradasi antosianin dan pencoklatan. Pelapisan kitosan menghambat oksidasi pigmen dengan membatasi masuknya oksigen ke jaringan buah (Valenzuela, 2023; Shan *et al.*, 2023).

Uji Sensoris

Aroma dan Rasa Pada Buah

Penilaian uji organoleptik pada aroma buah stroberi dinilai oleh 15 panelis. Rentang skor yang digunakan

adalah 1-5. 1= sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3= sedikit suka, 4= suka, 5= sangat suka. Panelis akan menilai buah stroberi dengan 5 perlakuan yang berbeda beda. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap aroma dan rasa sejak hari ke-2 hingga ke-8. Berdasarkan DMRT dalam Tabel 6 dan Tabel 7, E4 (2%) mendapatkan skor tertinggi dan berbeda nyata dari kontrol.

Tabel 7. Nilai rata-rata Rasa buah stroberi

Perlakuan	Lama penyimpanan				
	Ke-0	Ke-2	Ke-4	Ke-6	Ke-8
Kontrol	3.07	3.42c	3.07c	2.31b	
E1	3.67	3.73bc	3.59b	2.69b	
E2	4.25	4.27ab	4.24a	3.58a	2.27b
E3	4.35	4.04b	4.58a	3.53a	3.11a
E4	4.02	4.65a	4.46a	3.89a	3.33a

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P<0,05$).

Pada hari ke-8, skor aroma E4 adalah 3,47 dan skor rasa 3,33, sedangkan kontrol menunjukkan penurunan signifikan. Pelapisan melindungi senyawa volatil penyusun aroma dan flavor dari oksidasi dan evaporasi (Petriccione *et al.*, 2015) (Alshallash *et al.*, 2022a). Ini mendukung efektivitas pelapisan sebagai strategi untuk mempertahankan kualitas organoleptik buah selama penyimpanan.

Interpretasi Keseluruhan

Berdasarkan hasil analisis statistik (ANOVA dan DMRT) serta diskusi yang dikaitkan dengan literatur,

dapat disimpulkan bahwa perlakuan pelapisan nanopartikel kitosan memberikan pengaruh yang nyata terhadap berbagai aspek mutu stroberi selama penyimpanan. Perlakuan dengan konsentrasi 1,5% (E3) secara konsisten menunjukkan hasil terbaik untuk parameter fisikokimia, sementara 2% (E4) unggul pada aspek sensoris dan stabilitas visual. Untuk memperjelas dasar pengambilan kesimpulan ini, berikut disajikan tabel matriks justifikasi yang merangkum hasil terbaik berdasarkan uji statistik dan penguatan oleh literatur ilmiah.

Tabel 8. Matriks Justifikasi Perlakuan Terbaik Berdasarkan Parameter Mutu Stroberi

Parameter	Perlakuan Terbaik	Justifikasi Statistik (ANOVA & DMRT)	Justifikasi Literatur
Susut Bobot	E3 (1,5%)	Signifikan $p < 0,05$; DMRT: E3 berbeda nyata dari Kontrol	Kitosan menghambat transpirasi dan evaporasi (Petriccione <i>et al.</i> , 2015; Valenzuela, 2023)
Kekerasan	E3 (1,5%)	Signifikan $p < 0,01$; DMRT: E3 berbeda nyata dari Kontrol	Pelapisan memperlambat aktivitas enzim pelunak (Shan <i>et al.</i> , 2023; Eroglu <i>et al.</i> , 2014)
Total Padatan Terlarut (TPT)	E4 (2%)	Signifikan $p < 0,05$; DMRT: E4 berbeda nyata dari Kontrol	Pelapisan memperlambat konversi karbohidrat dan respirasi (Gad, 2018)
Total Asam	E3 & E4	Signifikan $p < 0,01$ (hari ke-8); DMRT: E3 & E4 berbeda nyata dari E1	Menurunkan laju pemakaian asam organik untuk respirasi (Gol <i>et al.</i> , 2013; Petriccione <i>et al.</i> , 2015)
Perubahan Warna (ΔE)	E4 (2%)	Signifikan $p < 0,01$; DMRT: E4 berbeda nyata dari semua perlakuan	Menstabilkan pigmen dan mencegah oksidasi warna (Valenzuela, 2023; Shan <i>et al.</i> , 2023)
Aroma	E4 (2%)	Signifikan $p < 0,05$; DMRT: E4 berbeda nyata dari E0	Mempertahankan senyawa volatil penyusun aroma (Petriccione <i>et al.</i> , 2015)
Rasa	E4 (2%)	Signifikan $p < 0,05$; DMRT: E4 berbeda nyata dari Kontrol	Menjaga kestabilan flavor dan senyawa gula-asam (Petriccione <i>et al.</i> , 2015; Alshallash <i>et al.</i> , 2022)

KESIMPULAN

Perlakuan Penelitian ini membuktikan bahwa pelapisan nanopartikel kitosan secara signifikan mempengaruhi karakteristik fisiko-kimia dan sensoris buah stroberi selama penyimpanan pada suhu ruang. Hasil analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi nanopartikel kitosan 1,5% (E3) efektif dalam, menekan susut bobot hingga 65,02%, mempertahankan kekerasan buah sebesar 4,27 N, menjaga total asam sebesar 1,46%, dan mengontrol peningkatan total padatan terlarut secara stabil. Sementara itu, perlakuan 2% (E4) menghasilkan skor tertinggi pada atribut aroma dan rasa, serta memberikan kestabilan warna terbaik dengan nilai ΔE sebesar 25,72. Secara umum, konsentrasi pelapisan nanopartikel kitosan antara 1,5%–2% direkomendasikan sebagai dosis optimal untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas stroberi baik secara teknis maupun sensoris selama penyimpanan pascapanen.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold

storage. *Food Chemistry*, 124(2), 620–626. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.085>

Alshallash, K. S., Sharaf, M., Abdel-Aziz, H. F., Arif, M., Hamdy, A. E., Khalifa, S. M., Hassan, M. F., Abou ghazala, M. M., Bondok, A., Ibrahim, M. T. S., Alharbi, K., & Elkelish, A. (2022a). Postharvest physiology and biochemistry of Valencia orange after coatings with chitosan nanoparticles as edible for green mold protection under room storage conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034535>

Alshallash, K. S., Sharaf, M., Abdel-Aziz, H. F., Arif, M., Hamdy, A. E., Khalifa, S. M., Hassan, M. F., Abou ghazala, M. M., Bondok, A., Ibrahim, M. T. S., Alharbi, K., & Elkelish, A. (2022b). Postharvest physiology and biochemistry of Valencia orange after coatings with chitosan nanoparticles as edible for green mold protection under room storage conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13(November), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034535>

Dewi, K. N. K., Utama, I. M. S., & Budisanjaya, I. P. G. (2019). Pengaruh Pemberian Uap Etanol dan Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour var.

- Microcarpa). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2020.v08.i01.p02>
- Eroglu, E., Torun, M., Dincer, C., & Topuz, A. (2014). Influence of Pullulan-Based Edible Coating on Some Quality Properties of Strawberry During Cold Storage. *Packaging Technology and Science*, 27(10), 831–838. <https://doi.org/10.1002/pts.2077>
- Francisco Artés-Hernández, Francisco A Tomás-Barberán, & Francisco Artés. (2006). Modified atmosphere packaging preserves quality of SO₂-free ‘Superior Seedless’ table grapes. *ResearchGate*, 39(2), 146–154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2780>
- Gad, M. M. (2018). Coating Florida Prince Peach Fruits with Nano-Chitosan for Increasing Storage and Shelf Life. *J. Agric. & Environ. Sci.*, 18(1), 27–33. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajeas.2018.27.33>
- Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. V. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.008>
- Hanif, Z. (2014). *Perbandingan Atribut Mutu Buah Stroberi yang Beredar di Pasar Tradisional dan Modern di Malang dan Yogyakarta*. <https://www.researchgate.net/publication/323219063>
- Harianingsih. (2010). *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Menjadi Kitosan Sebagai Bahan Pelapis (Coater) Pada Buah Stroberi* [Universitas Diponegoro]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:135250899>
- Mitcham, E. (2023). Strawberry. *UC Davis Postharvest Research and Extension Center*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00135-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00135-6)
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., & Scorticchini, M. (2015). Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, 4(4), 501–523. <https://doi.org/10.3390/foods4040501>
- Rhim, J. W., Wu, Y., Weller, C. L., & Schnepf, M. (1999). Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propylene Glycol Alginate. In *JOURNAL OF FOOD SCIENCE* (Vol. 64, Issue 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb09880.x>
- Ron B. H. Wills, W. B. Mcglasson, Douglas N. Graham, & Daryl C. Joyce. (1998). Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. *Agricultural and Food Sciences*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:89346813>
- Rosyada, A. (2019). Pengaruh Kitosan Dan Nanopartikel Kitosan Sebagai Bahan Edible Coating Pada Buah Pisang Cavendish (Musa Acuminata Aaa Group) Terhadap Atribut Kualitas Pasca Panen. *Repository BKG*, 1–23. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216943502>
- Shan, C., Luo, Y., Yang, C., & Gao, X. (2023). The Effects of Poly- γ -Glutamic Acid on the Postharvest Physiology and Quality of Strawberry cv. Hongyan during Cold Storage. *Foods*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/foods12152944>
- Syarifuddin, A. (2015). Karakterisasi Edible Film dari Pektin Albedo Jeruk Bali-Syarifuddin, dkk. In *Jurnal Pangan dan Agroindustri* (Vol. 3). <https://doi.org/https://api.semanticscholar.org/CorpusID:191001789>
- Valenzuela, J. L. (2023). Advances in Postharvest Preservation and Quality of Fruits and Vegetables. In *Foods* (Vol. 12, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12091830>
- Wang, Q. (2013). *Recent Advances of Chitosan and Its Derivatives for Novel Applications in Food Science*. <https://doi.org/https://api.semanticscholar.org/CorpusID:41929289>