

Aplikasi Pelapisan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) Berbasis Kitosan dengan Penambahan Nanopartikel ZnO

¹Setyadi Gumaran, ¹Friska Tania Hutabarat

¹Program Studi Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

*Email korespondensi : setyadi.gumaran@tbs.itera.ac.id

ABSTRAK

Buah dan sayuran setelah dipanen akan mengalami perubahan fisikokimia akibat proses metabolisme, diantaranya adalah respirasi dan transpirasi yang mengakibatkan kehilangan air. Kehilangan air menyebabkan stres di dalam jaringan sehingga laju disintegrasi membran sel meningkat. Kehilangan air yang berlebihan dapat mengakibatkan pelunakan, pengerutan dan hilangnya kecerahan pada kulit buah. Bahan pelapis berbahan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO adalah salah satu alternatif bahan pelapis yang mampu menahan hilangnya air akibat proses respirasi, transpirasi serta dapat menjaga kualitas buah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelapisan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO terhadap perubahan karakteristik buah tomat selama penyimpanan. Aplikasi pelapisan buah tomat dengan metode *spray* menggunakan larutan kitosan nanopartikel ZnO 3% mampu menekan kehilangan susut bobot buah tomat selama penyimpanan dibandingkan dengan buah tomat kontrol ($p < 0.05$). Pelapisan buah tomat dengan kitosan nanopartikel ZnO 3% memiliki nilai susut bobot 4.74% pada penyimpanan hari ke 10 sedangkan buah tomat kontrol memiliki nilai susut bobot tertinggi sebesar 8.57%. Kekerasan buah tomat mengalami penurunan seiring lama penyimpanan. Nilai kekerasan buah tomat kontrol sebesar 4.23 N, sedangkan buah tomat dengan perlakuan pelapisan kitosan nanopartikel ZnO 3% memiliki nilai kekerasan 9.57 N pada hari ke 10 penyimpanan. Hasil penelitian membuktikan bahwa penambahan nanopartikel ZnO mampu menurunkan persentase susut bobot dan nilai kekerasan buah tomat selama penyimpanan.

Kata kunci: Kitosan, Pelapisan, Nanopartikel ZnO, Tomat

ABSTRACT

Fruits and vegetables after being harvested will experience physicochemical changes due to metabolic processes, including respiration and transpiration which result in water loss. Loss of water causes stress in the tissue so the rate of cell membrane disintegration increases. Excessive water loss can result in softening, wrinkling and loss of brightness in the fruit. A coating material made from chitosan with the addition of ZnO nanoparticles is an alternative coating material that is able to withstand water loss due to respiration and transpiration processes and can maintain fruit quality. This research was conducted to determine the effect of chitosan coating with the addition of ZnO nanoparticles on changes in the characteristics of tomatoes during storage. Coating application of tomatoes using the spray method using 3% ZnO nanoparticle chitosan solution was able to reduce the weight loss of tomatoes during storage compared to control tomatoes ($p < 0.05$). Coating tomatoes with 3% ZnO nanoparticle chitosan had a weight loss value of 4.74% on the 10th day of storage while control tomatoes had the highest weight loss value of 8.57%. The hardness of tomato fruit decreased with storage time. The hardness value of the control tomatoes was 4.23 N, while the tomatoes treated with 3% ZnO nanoparticles had a hardness value of 9.57 N on the 10th day of storage. The results of the study proved that the addition of ZnO nanoparticles was able to reduce the percentage of weight loss and hardness of tomatoes during storage.

Keywords: Chitosan, Coating, Nanoparticle ZnO, Tomato

PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah salah satu komoditi hortikultura yang banyak digemari masyarakat karena mengandung banyak manfaat dan nilai gizi yang diperlukan oleh tubuh. Tomat merupakan jenis buah klimakterik dimana laju respirasi akan meningkat setelah memasuki fase pematangan dan meningkatkan produksi etilen (Bapat *et al.*, 2010). Adanya etilen pada buah akan menyebabkan percepatan pematangan sehingga umur simpan buah akan lebih pendek (Wulandari *et al.*, 2022). Pelapisan adalah salah satu metode yang sering digunakan karena dapat menghindari hilangnya kelembaban serta dapat menghambat penetrasi oksigen ke dalam jaringan tanaman atau pertumbuhan mikroba (Jianglian *et al.*, 2013).

Pelapisan atau *coating* dilakukan dengan cara memberikan lapisan pada permukaan buah. Pelapisan membantu dalam menghambat proses respirasi dan transpirasi sehingga dapat memperlambat kerusakan seperti pembusukan pada buah tomat (Kalsum *et al.*, 2018). Pelapisan biasanya terbuat dari bahan protein, lipid, polisakarida atau kombinasinya (Maghfiroh *et al.*, 2018). Polisakarida atau polimer dapat memperkuat sifat mekanis dari suatu lapisan. Salah satu jenis polimer yang digunakan untuk membuat lapisan film adalah kitosan.

Kitosan merupakan bahan alami yang terbuat dari hasil deasitisasi kitin yang memiliki banyak keunggulan yaitu mempunyai sifat *biodegradable* dan penghalang gas yang baik (Novita *et al.*, 2012). Kitosan juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur yang menyebabkan pembusukan pada buah karena kitosan memiliki sifat antimikroba yang baik. Dari banyaknya keunggulan yang dimiliki, kitosan memiliki kelemahan yaitu tidak dapat dijadikan sebagai bahan pelapis tunggal karena mempunyai sifat penghalang air yang rendah (Nandiwilastoyo *et al.*, 2019).

Saat ini penggunaan *filler* berukuran nano sudah dilakukan untuk memperbaiki sifat dari film berbasis polimer. Nanopartikel ZnO merupakan salah satu jenis nano yang sudah diterima sebagai zat yang aman atau *Generally Recognized as Safe* (GRASS) (Phata, 2010). Nanopartikel ZnO (NP-ZnO) mempunyai keunggulan yaitu sifat antibakteri yang baik pada bakteri *E.Coli* dan *S.aureus*. Penggunaan nanopartikel ZnO pada pembuatan lapisan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik lapisan film (Wardhana *et al.*, 2016). Kemampuan nanopartikel ZnO untuk menghambat

pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat digunakan dalam pengawetan pangan (Sabarisman *et al.*, 2015). Film komposit kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO 0,6% mampu mempertahankan kandungan total padatan terlarut tomat ceri selama 15 hari penyimpanan pada suhu 20 ± 5 °C dan RH 70–75%. selain itu film komposit kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO 0,6% dapat menghambat respirasi, dan menunjukkan sifat antibakteri yang baik terhadap mikroorganisme *Salmonella* dan *E. coli* (Li *et al.*, 2021). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelapisan kitosan dengan konsentrasi nanopartikel ZnO yang berbeda yaitu dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% terhadap perubahan karakteristik sifat fisik buah tomat selama penyimpanan dengan metode *spray*.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan yang digunakan yaitu alat *spray* merek Sagola F75G, kompresor angin merek imola 123, *Ultra Turax* (IKA, T25, Jerman), *Colorimeter* WR10 (FRU, China), Refraktometer Digital HI96801 (Hanna, Romania), *Fruit Hardnes tester fr-5120* (Lutron, Taiwan), *Hotplate DMSH-20D* (EMCLAB, German) Neraca Abalitik ATX224R (Shimadzu, Jepang) serta alat penunjang lainnya.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah tomat dengan tingkat kematangan 5 (*Light Red*) >70% kulit merah dengan bobot rata-rata 100-120 gr yang diperoleh dari perkebunan buah tomat di Liwa, Lampung Barat. Kitosan *food grade* (PT Biotech Surindo, Indonesia), nanopartikel ZnO dengan ukuran partikel rata-rata 20 nm (Wako, Jepang), *span* 60 dan *tween* 60 (Brataco, Indonesia), gliserol (Brataco, Indonesia) serta bahan penunjang lainnya.

Pembuatan Larutan

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2023 di Laboratorium Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan. Pembuatan larutan *coating* mengacu pada beberapa metode yang telah dimodifikasi dari Nandiwilastoyo *et al.*, (2019) dan Gumaran *et al.*, (2020). Larutkan nanopartikel ZnO (b/b kitosan) dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% ke dalam akuades menggunakan *ultraturax* selama 15 menit. Kemudian ditambahkan kitosan dengan konsentrasi 1% dan asam asetat 1% menggunakan *hot plate stirrer* hingga suhu

larutan mencapai 60°C kemudian ditambahkan 0.5% gliserol (v/v) sampai larut sempurna.

Aplikasi Pelapisan

Sebelum diberi perlakuan, pada buah tomat dilakukan proses pembersihan, sortasi dan *grading*. Aplikasi pelapisan dilakukan dengan metode *spray* pada seluruh permukaan buah tomat kemudian dikeringkan menggunakan kipas.

Penyimpanan

Buah tomat hasil perlakuan kemudian disimpan pada suhu ruang (27-28°C) RH 68-70%. Kemudian dianalisis susut bobot, kekerasan, total padatan terlarut dan warna selama 10 hari penyimpanan. Analisis dilakukan setiap 2 hari sekali dengan 3 kali ulangan setiap pengukuran.

Analisis Susut Bobot

Pengukuran susut bobot diperoleh dengan cara mengukur selisih berat awal dan berat akhir dibagi dengan berat awal tomat. Nilai susut bobot dihitung dengan rumus

$$\% \text{ Susut Bobot} = \frac{W_{\text{awal}} - W_{\text{akhir}}}{W_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut diukur dengan menggunakan alat refraktometer digital, bahan dipotong pada 2 bagian sisi kiri dan kanan, kemudian sampel dihaluskan terlebih dahulu dengan cara ditumbuk menggunakan mortar dan alu. Sample diambil sarinya sebagai bahan pengujian selanjutnya diteteskan diatas kaca objek. Total padatan terlarut (TPT) dapat dilihat secara langsung pada display skala pembacaan dalam satuan °Brix.

Analisis Kekerasan

Analisis kekerasan diukur menggunakan alat *Fruit Hardnes Tester* dengan tipe probe FRTP-3mm. Kekerasan sampel diperoleh dari nilai maksimum (N) rata-rata pada 3 titik yang berbeda yaitu pangkal tengah dan ujung buah tomat.

Analisis Warna

Analisis warna diukur menggunakan *Colorimeter* WR10. Nilai warna dinyatakan dengan koordinat L^* , a^* , dan b^* . Nilai warna dihitung dari rata-rata pada 3 titik pengukuran yang berbeda yaitu pangkal tengah dan ujung buah tomat.

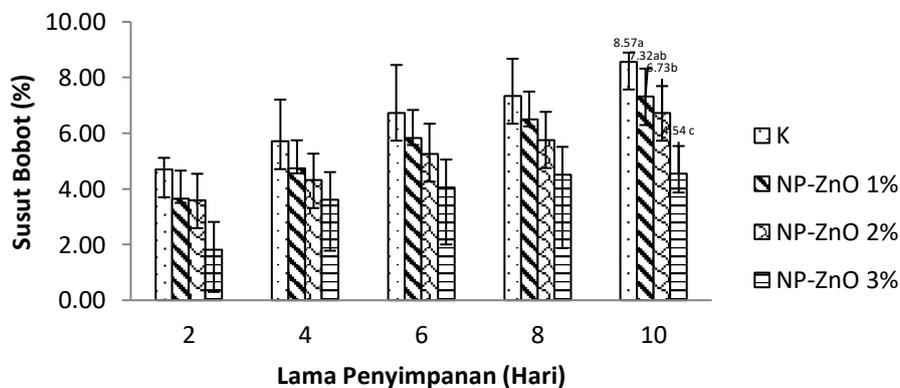
Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor. dimana yang menjadi faktor utama adalah larutan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO pada konsentrasi 1%, 2% dan 3%. Data diolah menggunakan uji statistika dengan analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menggunakan software SPSS 27.0 dan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk setiap perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut Bobot

Selama penyimpanan proses transpirasi dan respirasi tidak dapat dihambat sehingga buah mengalami kenaikan susut bobot. Gejala kehilangan air pada jaringan disebabkan oleh perubahan tekanan uap udara sekitar. Proses transpirasi menyebabkan hilangnya turgor sel yang mengakibatkan melunaknya buah tomat (Lestari *et al.*, 2013). Selama penyimpanan susut bobot buah tomat mengalami kenaikan signifikan ($p < 0.05$) yang ditunjukkan pada Gambar 1.



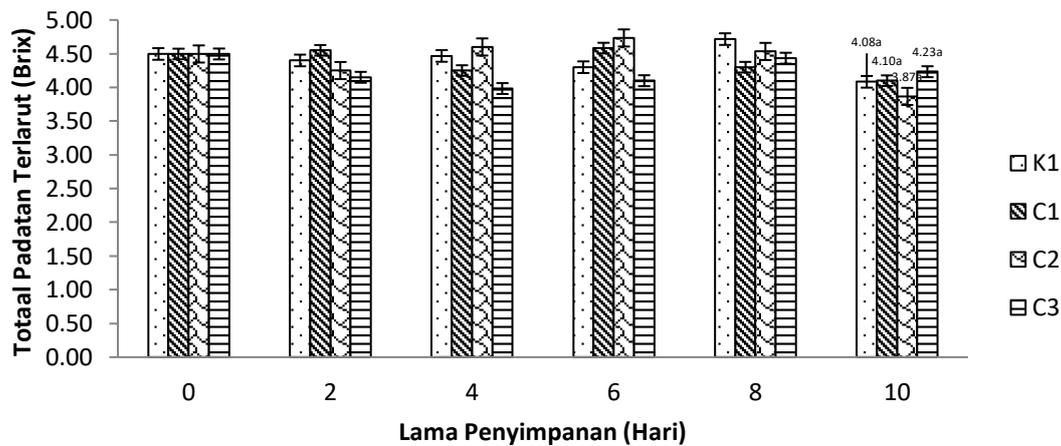
Gambar 1. Susut bobot buah tomat selama penyimpanan pada suhu ruang (27-28°C)

Berdasarkan hasil penelitian pelapisan berbasis kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO mampu menurunkan susut bobot buah tomat selama penyimpanan dibandingkan buah tomat kontrol ($p < 0.05$). Kenaikan susut bobot yang cukup signifikan dimulai pada hari ke 2 sampai hari ke 6. Sampel kontrol pada hari ke 2 memiliki nilai susut bobot 4.28% dan 8.57% pada hari ke 10 penyimpanan. Sedangkan untuk setiap perlakuan pelapisan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO memiliki nilai susut bobot di bawah 7% pada hari ke 10 penyimpanan. Buah tomat dengan

menutupi hampir semua pori-pori buah tomat sehingga memungkinkan terjadi respirasi anaerobik dan CO₂ yang dihasilkan oleh proses respirasi terhambat keluar.

Total Padatan Terlarut

Kandungan total padatan terlarut buah tomat mengalami perubahan selama penyimpanan. Hasil analisis statistik menunjukkan perlakuan perbedaan konsentrasi nanopartikel ZnO tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan total padatan terlarut ($p > 0.05$). Berdasarkan Gambar 2 terlihat



Gambar 2. Total padatan terlarut buah tomat selama penyimpanan pada suhu ruang (27-28°C)

perlakuan pelapisan kitosan nanopartikel ZnO 3% memiliki nilai susut bobot 4.74%, sedangkan kontrol memiliki nilai susut bobot terbesar yaitu 8.57 % pada hari ke 10 penyimpanan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Gumaran *et al.*, (2020) yang menunjukkan bahwa pelapisan salak pondoh berbasis kitosan nanopartikel ZnO 3% mampu menekan susut bobot sebesar 14% pada hari ke 28 selama penyimpanan. Penambahan nanopartikel ZnO 3% menyebabkan proses respirasi bekerja lebih lambat dan mampu menurunkan nilai laju transmisi uap air film kitosan nanopartikel ZnO 3% dari 25.52 menjadi 22.21 g/m²jam. Peningkatan sifat permeabilitas uap air berkaitan dengan peningkatan jalur berliku-liku molekul air untuk melewati matriks polimer seiring dengan penambahan nanopartikel ZnO kedalam matriks polimer. Hasil penelitian Kalsum, *et al.*, (2018) menyatakan bahwa kenaikan susut bobot relatif kecil pada penyimpanan 4 hari setelah perlakuan pelapisan dengan konsentrasi kitosan 25, 50 dan 75 ppm berkisar antara 5-6 g, namun terjadi kenaikan secara signifikan pada perlakuan 100 ppm kitosan, yakni mencapai 8.81 g. Kandungan kitosan yang tinggi menyebabkan lapisan

bahwa buah tomat dengan berbagai perlakuan penambahan nanopartikel ZnO selama penyimpanan mengalami penurunan kandungan total padatan terlarut kemudian mengalami kenaikan. Pada penyimpanan hari ke 2 sampai dengan hari ke 4, semua perlakuan mengalami penurunan kandungan total padatan terlarut, sedangkan pada penyimpanan hari ke 6 sampai dengan hari ke 8 penyimpanan mengalami kenaikan dan penurunan di akhir penyimpanan. Menurut Santosa dan Hulopi (2011) ketersediaan oksigen dari luar berperan penting dalam pemecahan gula yang terjadi pada buah-buahan selama respirasi. Proses ini terdiri dari tiga tahap, polisakarida dipecahkan menjadi gula sederhana kemudian dioksidasi menjadi asam piruvat dan asam organik lainnya mengakibatkan penurunan kadar gula dan terakhir, transformasi aerobik dari asam piruvat dan asam organik menjadi CO₂, air, dan energi. Pada akhirnya, proses ini berakhir dengan pembentukan CO₂, air, dan energi.

Selama penyimpanan buah mengalami peningkatan kandungan gula, kemudian mengalami kecenderungan penurunan kandungan gula, hal tersebut berkaitan dengan pola respirasi buah (Yopita *et al.* 2016). Hasil

penelitian Novita *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kandungan total padatan terlarut buah tomat yang dilapisi kitosan pada penyimpanan hari ke 10 mengalami kenaikan dari 34.19% menjadi 36.02%, kemudian mengalami penurunan sampai hari ke 20 menjadi 31.71%. Perubahan tersebut membuktikan bahwa pelapisan kitosan mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan.

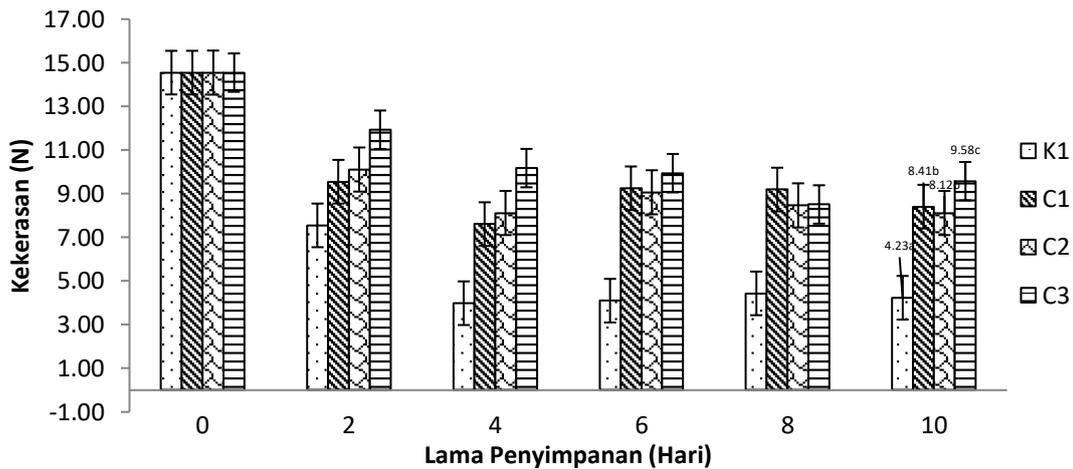
Kekerasan

Perubahan tekanan turgor, degradasi pati dan polisakarida pada dinding sel menyebabkan pelunakan tekstur buah. Selain selulosa dan hemiselulosa, pektin merupakan salah satu jenis polisakarida utama pada dinding sel yang mengalami perubahan selama pematangan (Tharanathan *et al.* 2006). Nilai kekerasan buah tomat menurun secara signifikan seiring lamanya penyimpanan, seperti yang ditunjukkan di Gambar 3 ($P < 0.05$). Pada hari

kekerasan pada buah tomat disebabkan adanya pelepasan air akibat proses fisiologis yang terus berlangsung selama penyimpanan. Respirasi dan transpirasi menjadi faktor utama kehilangan air yang menyebabkan penurunan tekanan turgor. Proses kehilangan air terdiri dari penguapan dari permukaan produk (Ahmad dan Siddiqui, 2015). Proses *senescence* pada buah dan sayuran menyebabkan hilangnya tekstur akibat kerusakan alami pada jaringan. Pemecahan dinding sel disebabkan oleh sintesis dari berbagai macam enzim. Enzim yang berperan penting dalam proses degradasi dinding sel diantaranya adalah polygalacturonases, glycosidases, β -galactosidase, xyloglucan, endotransglycosylase, dan cellulases (Aked, 2002).

Warna

Salah satu hal penting yang pertama kali diperhatikan oleh konsumen saat membeli buah adalah warnanya. Warna kulit buah dapat membedakan tingkat kematangan dan ketuan



Gambar 3. Kekerasan buah tomat selama penyimpanan pada suhu ruang (27-28°C)

ke 10, penyimpanan buah tomat kontrol memiliki kekerasan 4.23 N, sedangkan buah tomat yang dilapisi kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO 3% memiliki kekerasan 9.58 N.

Kekerasan buah mengalami penurunan seiring dengan lama penyimpanan. Aktivitas respirasi dan transpirasi terus berlanjut yang menyebabkan buah mengalami kehilangan air yang signifikan. Ukuran sel dan tekanan isi sel terhadap dinding sel berkurang sehingga tekstur buah menjadi lunak (Santosa dan Hulopi, 2011). Pelapisan mampu mempertahankan kekerasan dan mencegah pelunakan daging buah akibat kehilangan air serta menunda degradasi komponen protopektin dan pektin tak larut (Meindrawan *et al.*, 2017). Berkurangnya

buah. Perbandingan warna buah tomat pada nilai (L , a^* , dan b^*) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan warna buah tomat selama penyimpanan

Nilai	Hari	Perlakuan			
		K	NP-ZnO 1%	NP-ZnO 2%	NP-ZnO 3%
L	0	42.82	39.65	41.83	41.83
	2	42.52	39.59	40.57	40.57
	4	41.83	38.61	40.05	40.05
	6	42.03	39.02	39.49	39.49

	8	41.28	39.23	40.56	40.56
	10	41.98	39.12	40.07	40.07
<i>a*</i>	0	17.72	15.71	16.57	19.36
	2	19.41	16.88	16.95	15.36
	4	19.55	16.66	16.97	15.77
	6	19.56	16.90	17.01	15.58
	8	19.53	16.69	17.06	16.64
	10	19.77	17.15	17.45	15.85
<i>b*</i>	0	26.33	15.07	16.57	19.36
	2	27.44	16.88	16.95	15.36
	4	24.81	16.66	16.97	15.77
	6	24.64	16.90	17.01	15.58
	8	24.39	16.69	17.06	16.64
	10	25.17	17.15	17.45	15.85

Nilai kecerahan buah cenderung stabil seiring lamanya waktu penyimpanan, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Kulit buah akan menjadi lebih kusam seiring dengan lama penyimpanan. Hasil analisis statistik ($P>0.05$) menunjukkan bahwa antara buah tomat yang dilapisi larutan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO tidak berpengaruh nyata terhadap nilai *L*, *a**, dan *b**. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan pada buah tomat tidak mengubah warna asli buah. Nilai *L* menggambarkan tingkat kecerahan (terang/gelap) buah semakin tinggi nilai *L* maka buah semakin kuat tingkat kecerahannya, sedangkan nilai *a** menggambarkan warna merah dan nilai *b** menggambarkan intensitas warna kuning. Hasil penelitian Novita *et al.* (2015) menyatakan bahwa selama penyimpanan kandungan likopen buah tomat pada tingkat kematangan awal cenderung meningkat, sedangkan kandungan likopen pada tingkat kematangan lebih lanjut cenderung tidak mengalami perubahan. Hal ini disebabkan oleh pembentukan likopen di dalam buah tomat meningkat seiring dengan proses pematangan. Kandungan likopen pada buah tomat dengan kematangan lebih dari 70% (*Light red*) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan buah tomat dengan kematangan 0-10% (*Turning*).

KESIMPULAN

Aplikasi pelapisan larutan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO 3% dengan metode *spray* mampu mempertahankan susut

bobot 4.54%, kekerasan 9.58 N pada buah tomat selama 10 hari penyimpanan. Sedangkan untuk kandungan total padatan terlarut dan nilai warna cenderung tidak mengalami perubahan. Larutan kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO memiliki potensi yang baik sebagai pelapis bahan pangan. Namun diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahui suhu penyimpanan optimal pada tomat yang dilapisi kitosan dengan penambahan nanopartikel ZnO.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.S. and Siddiqui, M.W. (2015). Postharvest quality assurance of fruits. Germany: Springer.(pp. 7-32.
- Aked, J. (2002). Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables . In Jongen. W. (2002). Fruit and vegetable processing. England : Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC. pp.119-149.
- Bapat, V.A., Prabodh, K.T., Antara, G. and Vidhu, A. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*. 28: 94-107.
- Gumaran, S., Iriani, E.S. dan Sutrisno. (2020). Aplikasi pelapisan nanokomposit untuk mempertahankan kualitas salak pondoh (*Salacca edulis Reniw*). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(2): 77- 87.
- Jiangliang, D. and Shaoying, D. (2013). Application of chitosan based coating in fruit and vegetable preservation: A review. *J. Food Process Technol*. 4(5): 277.
- Kalsum, U., Sukma, D. dan Susanto, S. (2018). Pengaruh kitosan terhadap kualitas dan daya simpan buah tomat (*Solanum lycopersicum L.*). *J. Pertan. Presisi*. 2: 67-76.
- Lestari, R., Ebert, G., and Huyskens-Keil, S. (2013). Fruit quality changes of salak "pondoh" fruits (*Salacca zalacca* (Gaertn.) Voss) during maturation and ripening. *Journal of Food Research*. 2(1) : 204-216.
- Li, Y., Zhou, Y., Wang, Z., Cai, R., Yue, T. and Cui, L. (2021). Preparation and characterization of chitosan-nano-ZnO composite films for preservation of cherry tomatoes. *Journal Foods*. 10: 31-35.
- Maghfiroh, J.A.D., Sofa, A. Aprillia, and Affandi, AR. (2018). Efektivitas penambahan kitosan dan ekstrak jeruk nipis dalam pembuatan antimicrobial edible coating dan aplikasinya pada fresh-cut jambu biji kristal. *J. Ilmu Pangan dan Has. Pertan*. 2:

- 82.
- Meindrawan, B., Suyatma, N.E., Muchtadi, T.R. dan Iriani, E.S.. (2017). Aplikasi pelapis bionanokomposit berbasis karagenan untuk mempertahankan mutu buah mangga utuh. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 5(1): 89-96.
- Nandiwilastiyo, N., Muchtadi, T. dan Suyatma, N. (2019). Pengaruh penambahan lilin lebah dan nanopartikel seng oksida terhadap sifat fisik dan mekanis film berbasis kitosan. *J. Teknol. dan Ind. Pangan*. 30: 119-126.
- Novita, M. dan Rohaya, S. (2012). Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*Lycopersicon pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *J. Teknol. dan Ind. Pertan. Indones*. 4: 1-32.
- Novita, M., Satriana dan Hasmarita, E. (2015). Kandungan likopen dan karotenoid buah tomat (*Lycopersicon pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 7(1):35.
- Phata, J. (2010). Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. *J. Phytol*. 2: 83-
- 92.
- Sabarisman, I., Suyatma, N.E., Ahmad, U. dan Taqi, F.M. (2015). Aplikasi nanocoating berbasis pektin dan nanopartikel ZnO untuk mempertahankan kesegaran salak pondoh. *Jurnal Mutu Pangan*. 2(1): 50-56.
- Santosa, B. dan Hulopi, F. (2011). Penentuan masak fisiologis dan pelapisan lilin sebagai upaya menghambat kerusakan buah salak kultivar gading selama penyimpanan pada suhu ruang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 12(1): 40-48.
- Wulandari, D. dan Ambarwati, E. (2022). Laju respirasi buah tomat (*Lycopersicon esculentum Mill*) yang dilapisi dengan kitosan selama penyimpanan. *Jurnal UGM*. 11:135-150.
- Wardana, A.A., Suyatma, N.E., Muchtadi, T.R. dan Yuliani, S. (2017). Pengaruh pelapis bionanokomposit terhadap mutu mangga terolah minimal. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 5(1): 81-88.
- Yopita, N.S.T., Made, I.S.U. dan Diah, P.K.K. (2016). Mempertahankan Mutu Buah Tomat Segar Dengan Pelapisan Minyak Nabati. *BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian) Udayana*. 4(1):1-9.