

## **Pengaruh Pelapisan Nanokitosan terhadap Kualitas Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) pada Penyimpanan Suhu Rendah**

### **Effect of Nanochitosan Coating on the Quality of Chili Pepper (*Capsicum frutescens* L.) at Low Temperature Storage**

**Noor Laila Safitri, Della Widya Puspita, Junita, Lily Nur Inda Sary, Retno Robiatul Al Adawiyah, Erma Prihastanti\*, Sri Widodo Agung Suedy**

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Email : eprihast@yahoo.com

Diterima 21 Januari 2022 / Disetujui 29 Maret 2022

#### **ABSTRAK**

Kerusakan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) saat pascapanen menurunkan kualitas sehingga mempersingkat masa simpan cabai rawit. Salah satu upaya untuk mempertahankan kualitas cabai rawit adalah dengan pelapisan. Nanokitosan adalah kitosan dalam bentuk cair yang dapat membentuk lapisan tipis di permukaan produk segar dan sebagai bahan antimikroba. Salah satu bahan pembentuk nanokitosan adalah STPP (sodium tripolyphosphate) yang menjadi faktor penentu ukuran partikel nanokitosan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pelapisan nanokitosan dengan penambahan rasio kitosan dan STPP yang berbeda pada penyimpanan suhu dingin dalam mempertahankan kualitas cabai rawit. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan yaitu P0 (kontrol), P1 (perlakuan nanokitosan 0,2% rasio 1:3) dan P2 (perlakuan nanokitosan 0,2% rasio 1:5). Penelitian ini dilakukan selama 16 hari pada suhu 10oC dengan variabel penelitian kualitas cabai rawit kadar air, tekstur, dan letak kerusakan. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA dan dilanjutkan dengan uji DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanokitosan dapat mempertahankan kualitas cabai rawit yaitu kadar air, tekstur, dan dapat mengurangi kerusakan. Hasil terbaik ditunjukkan P2 (perlakuan nanokitosan 0,2% rasio 1:5), setelah penyimpanan selama 16 hari cabai rawit memiliki kadar air 68%, persentase penurunan tekstur sebesar 0,5% dan terjadi kerusakan hanya pada bagian tangkai buah.

*Kata kunci: Cabai rawit; anokitosan; pascapanen; penyimpanan*

#### **ABSTRACT**

Damage of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) during postharvest can reduce the quality so that it can shorten the shelf life of cayenne pepper. One of the efforts to maintain the quality of chili pepper is by coating it. Nano chitosan is chitosan in liquid form which can form a thin layer on the surface of fresh produce and as an antimicrobial agent. One of the ingredients to form nano chitosan is STPP (sodium tripolyphosphate) which is a determining factor for the size of the nano chitosan particles produced. The purpose of this study was to determine the effect of nano chitosan coating with the addition of different ratios of chitosan in maintaining the quality of chili pepper. This study used a completely randomized design (CRD) with three treatments, namely P0 (control), P1 (0.2% nano chitosan treatment ratio 1:3), and P2 (0.2% nano chitosan treatment ratio 1:5). This research was conducted for 16 days at a temperature of 10oC with the research variables being chili pepper quality, moisture content, texture, and location of the damage. Data were analyzed using the ANOVA test and continued with the DMRT test. The results showed that nano chitosan can maintain the quality of chili pepper, namely water content, texture, and can reduce damage. The best results were shown by P2 (0.2% nano chitosan treatment ratio 1:5) after storage for 16 days, chili pepper had a moisture content of 68%, a percentage decrease in the texture of 0.5% and damage occurred only on the fruit stalk.

*Keywords: chili pepper; nano chitosan; postharvest; storage*

## PENDAHULUAN

Salah satu buah yang memerlukan penanganan pascapanen adalah cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Cabai rawit mudah mengalami kerusakan dan umur simpan cabai rawit pada suhu ruang hanya 2 sampai 3 hari (Sulistyaningrum & Darudriyo, 2018). Cara untuk memperpanjang umur simpan buah dapat dilakukan dengan menyimpan buah pada suhu rendah dan pelapisan dengan edible coating (Sañudo et al., 2009). Hal ini dikarenakan cabai rawit yang disimpan pada suhu 5°C dapat dipertahankan hingga 14 hari (Maharani dkk, 2019). Selain itu, edible coating telah digunakan pada industri buah sebagai strategi untuk mengurangi penurunan kualitas buah. Edible coating dapat berkontribusi dalam memperpanjang umur simpan buah segar dengan mengurangi kelembaban, pertukaran gas, respirasi dan laju reaksi oksidatif (Shiekh et al., 2013). Edible coating film dengan nanopartikel dapat membentuk lapisan film tipis pada produk segar yang telah diperlakukan dan dikeringkan, kemudian pelapisan dari kitosan dapat memperlambat laju respirasi dari buah dengan memodifikasi konsentrasi dari oksigen, karbondioksida, dan etilen. Modifikasi gas ini dapat menghambat kehilangan air dan nutrisi dari produk (Xing et al., 2019). Beberapa bahan seperti polisakarida, protein, dan minyak esensial dapat digunakan sebagai edible coating.

Kitosan merupakan polisakarida yang memiliki gugus amino bermuatan positif hasil dari deasetilasi kitin. Kitosan dapat diperoleh dari cangkang crustacea seperti kepiting dan udang, oleh karenanya kitosan dapat larut dalam larutan asam organik dengan pH kurang dari 6,5 (Irianto & Muljana 2011). Kitosan menjadi lebih efektif jika ukurannya diperkecil menjadi nanometer. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi gerakan dan interaksi permukaan sehingga dapat meningkatkan aktivitas antimikrobanya. Menurut Pertaminingsih et al. (2018), nanoteknologi dapat berfungsi untuk meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi. Prihastanti et al. (2018) menyatakan bahwa nanopartikel memiliki diameter yang lebih kecil daripada diameter dinding

sel sehingga mudah melewati pori-pori dinding sel. Ukuran partikel nanokitosan dipengaruhi oleh rasio kitosan dan sodium tripolyphosphate (STPP) yang digunakan dalam proses pembuatan nanokitosan secara gelasi ionik. Sodium tripolyphosphate (STPP) merupakan polianion yang akan berikatan silang dengan kitosan sehingga terbentuk nanokitosan. STPP ini tidak bersifat mutagenik ataupun karsinogenik. Ukuran nanopartikel berkurang dengan meningkatnya jumlah STPP yang digunakan dan ukuran nanopartikel meningkat ketika jumlah STPP yang digunakan berkurang (Al-Nemrawi et al., 2018).

Aplikasi nanokitosan sebagai pelapis buah telah diterapkan pada beberapa buah yaitu buah pisang yang dapat memperlama umur simpan hingga 11 hari (Lustriane et al., 2018), buah persik selama 28 hari (Gad et al., 2016), dan buah apel hingga 10 hari (Pilon et al., 2014). Hal ini dikarenakan kitosan mampu menutupi permukaan perikarp sehingga mengurangi laju respirasi melalui pori-pori (Kumar et al., 2017) dan kitosan memiliki sifat antimikroba (Killay, 2013; Pilon et al., 2014).

Informasi mengenai penggunaan pelapisan nanokitosan dari berbagai rasio kitosan dan STPP pada buah cabai rawit di suhu rendah belum banyak dilaporkan, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan kajian mengenai penggunaan pelapisan nanokitosan dari berbagai rasio kitosan dan STPP sehingga diperoleh formulasi yang tepat untuk mempertahankan kualitas cabai rawit setelah panen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh nanokitosan terhadap kadar air dan tekstur cabai rawit dan untuk mengetahui rasio kitosan dan STPP optimum dalam mempertahankan kualitas cabai rawit setelah panen

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah cabai rawit (*C. frutescens* L.) yang berumur 2 hari setelah panen, nanokitosan, dan kardus. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah penggaris, nampan, baskom, rak, kulkas, dan termohigrometer.

### Persiapan Sampel Cabai Rawit

Cabai rawit diperoleh dari petani di daerah Temanggung. Cabai rawit yang digunakan adalah cabai rawit varietas BISI HP 34. Pemanenan dilakukan pada cabai rawit berusia 90 HST dan dipanen pagi hari. Cabai rawit yang digunakan sebagai sampel diseleksi berdasarkan warna buah dan ukuran yang relatif sama. Cabai rawit yang digunakan memiliki warna oranye kemerahan dengan panjang kurang lebih 6 cm dan lebar 0,90 cm dan bebas dari penyakit.

### **Perlakuan Pemberian Pelapisan Nanokitosan**

Sampel cabai rawit dicelupkan selama 2 menit pada baskom yang berisi larutan nanokitosan, setelah itu diangkat dan dikeringkan-anginkan selama kurang lebih 15 menit (Nguyen & Nguyen, 2020). Perlakuan P1 dicelupkan pada larutan nanokitosan 0,2% rasio (kitosan:STPP) 1:3 dan perlakuan P2 dicelupkan pada larutan nanokitosan 0,2% rasio (kitosan:STPP) 1:5, sedangkan untuk perlakuan kontrol tidak diberikan perlakuan dengan pelapisan apapun.

### **Penyimpanan Cabai Rawit**

Sampel cabai rawit disimpan dalam wadah plastik berukuran 10x10 cm. Setiap wadah diisi 30g cabai rawit (*C. frutescens L.*) kemudian diletakkan di dalam kulkas dengan suhu 10oC dan RH 70% selama 16 hari

### **Penentuan Kadar Air**

Penentuan kadar air cabai rawit dilakukan dengan menggunakan alat Moisture Balance. Alat Moisture Balance dikalibrasi terlebih dahulu kemudian diatur suhunya hingga 100oC. Sebanyak 1g ekstrak buah cabai rawit dimasukkan ke dalam alat Moisture Balance, setelah 30 menit hasil kadar air akan tertera pada alat Moisture Balance

### **Penentuan Nilai Tekstur (Kekerasan/hardness)**

Penentuan tekstur cabai rawit dilakukan dengan menggunakan alat Texture Analyzer LLOYD. Buah cabai rawit diletakkan di meja pengujian kemudian probe dipasang, setelah itu dipilih program single hardness pada komputer,

diatur kecepatan tekanan probe, kedalaman tekanan, kedalaman probe pada buah cabai rawit. Selanjutnya, tombol start ditekan dan hasil pengujian akan tertera pada komputer. Pengujian tekstur dilakukan sebelum dan sesudah penyimpanan dengan 5 pengulangan.

### **Analisis Statistik**

Data hasil pengamatan kemudian dianalisis dengan Analysis of Varians (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Jika terdapat pengaruh yang signifikan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

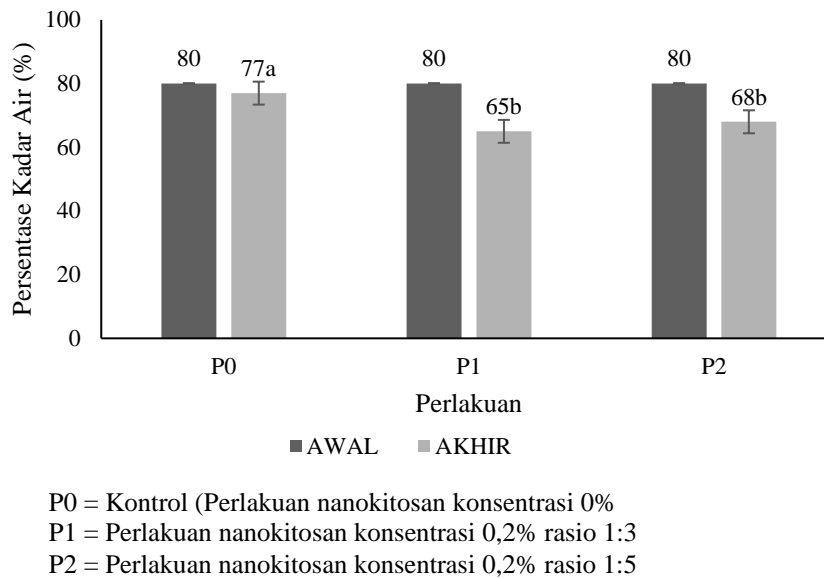
Pelapisan nanokitosan pada cabai rawit memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan kontrol terhadap parameter kadar air dan tekstur cabai rawit selama penyimpanan. Lapisan nanokitosan berperan sebagai barrier yang dapat menghambat dan memodifikasi pertukaran gas antara atmosfer luar dan komposisi gas internal. Stomata cabai berukuran  $\pm 10\mu\text{m}$ , ketika cabai dicelupkan, nanokitosan dapat memasuki pori-pori stomata dan menutupnya. Semakin kecil ukuran partikel nanokitosan maka penyerapan ke dalam sel buah semakin besar sehingga dapat menutupi pori-pori stomata dengan rapat. Setelah itu, nanokitosan akan melapisi lapisan kutikulanya, dengan demikian laju respirasi, transpirasi dan pertumbuhan mikroba dapat diperlambat. Pelapisan ini memberikan pengaruh yang positif terhadap parameter kualitas cabai rawit yaitu kadar air dan tekstur.

### **Pengaruh Pelapisan Nanokitosan terhadap Kadar Air Cabai Rawit**

Kadar air cabai rawit yang disimpan pada suhu 10°C mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan cabai rawit tetap mengalami metabolisme selama penyimpanan yaitu transpirasi. Berdasarkan gambar 1, nilai kadar air cabai rawit pada hari pertama adalah sebesar 80% lalu setelah hari ke 16, perlakuan P1 dan P2 memiliki nilai

kadar air sebesar 65% dan 68% sedangkan pada P0 (kontrol) adalah sebesar 77%. Hal ini menunjukkan bahwa cabai rawit yang diberi pelapisan

nanokitosan memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol.



Gambar 1. Pengaruh pelapisan nanokitosan terhadap kadar air cabai rawit setelah penyimpanan

P0 memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan P1 dan P2 karena penyimpanan pada suhu rendah menyebabkan uap air tertahan pada kemasan dan menyebabkan uap air menempel kembali pada permukaan cabai rawit. Akibatnya, kadar air cabai rawit tanpa pelapisan nanokitosan mengalami peningkatan lebih besar dibandingkan P1 dan P2. Peristiwa ini serupa dengan penelitian Sukmawaty et al. (2019), bahwa buah jambu yang disimpan pada suhu rendah menyebabkan susut bobot buah menjadi rendah dikarenakan uap air hasil respirasi tertahan pada ruang penyimpanan dan air tersebut terserap kembali ke kulit buah jambu yang lunak dan berpori. Perlakuan P1 dan P2 mendapatkan pelapisan nanokitosan, sehingga uap air yang menempel di permukaan cabai rawit tidak mudah masuk ke pori-pori buah karena nanokitosan berfungsi sebagai barrier terhadap uap air atau menahan masuknya air ke dalam buah. Han (2013) menyatakan bahwa edible coating memiliki sifat moisture-barrier yang dapat mencegah perpindahan air dari produk-produk makanan yang berbeda.

Cabai rawit yang disimpan pada suhu rendah dapat mempertahankan kadar airnya dalam waktu cukup lama dikarenakan penyimpanan pada suhu

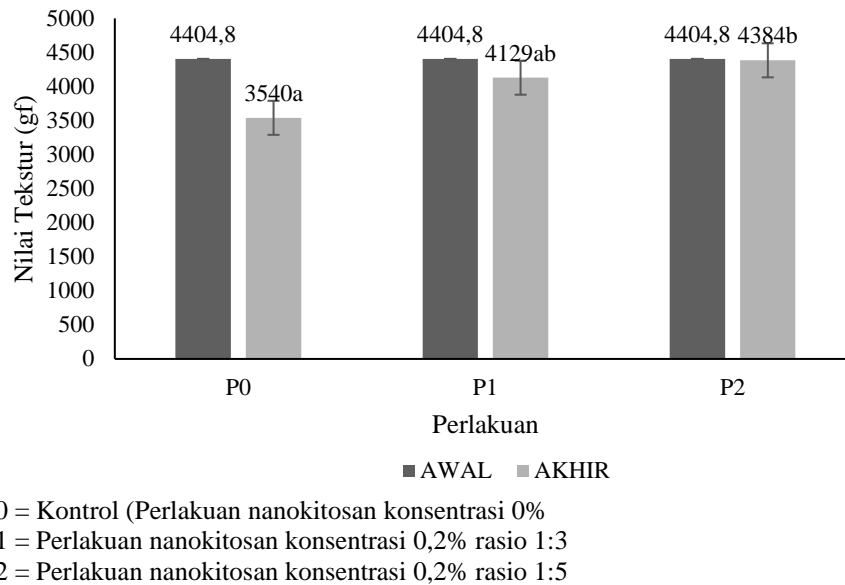
rendah dapat memperlambat laju respirasi sehingga dapat mengurangi terjadinya chilling injury. Menurut Silaban et al. (2013) penyimpanan cabai pada suhu rendah dapat memperlambat proses respirasi. Eshghi et al. (2014) menyatakan bahwa buah stroberi yang disimpan pada suhu rendah dan dilapisi nanokitosan dapat mengurangi kehilangan air sebesar 57% selama penyimpanan karena proses respirasi dan transpirasi dihambat. Menurut Li & Yu (2001), pelapisan kitosan pada buah akan membentuk lapisan film pada permukaan buah yang bersifat selektif permeabel terhadap gas karbondioksida dan oksigen. Lapisan ini berperan sebagai barrier yang dapat menghambat dan memodifikasi pertukaran gas antara atmosfer luar dan komposisi gas internal dengan demikian proses transpirasi dapat dihambat.

#### Pengaruh Pelapisan Nanokitosan terhadap Tekstur (Kekerasan) Cabai Rawit

Berdasarkan gambar 2, diketahui bahwa cabai rawit yang diberi pelapisan nanokitosan mengalami penurunan tekstur (kekerasan) yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol

dikarenakan pelapisan nanokitosan pada permukaan buah dapat menghambat degradasi dinding sel. Penelitian ini sesuai dengan Gardesh et al. (2016), bahwa pelapisan nanokitosan pada apel yang disimpan pada suhu rendah dapat mengurangi laju pelunakan apel secara signifikan. Penelitian Nguyen & Nguyen (2020) juga menunjukkan bahwa stroberi yang dilapisi nanokitosan 0,2%

lebih efektif dalam menghambat kehilangan tekstur buah daripada kontrol. Tekstur merupakan fitur sensorik yang terdiri dari beberapa sifat tekstur seperti kekerasan, viskositas dan kelembaban. Nilai tekstur sangat penting untuk menentukan tingkat penerimaan buah oleh konsumen. Buah cabai rawit yang masih berbuyni “krek” ketika dipatahkan menandakan masih bisa diterima oleh konsumen.



Gambar 2. Pengaruh pelapisan nanokitosan terhadap tekstur cabai rawit setelah penyimpanan

Pada perlakuan P1 dan P2, nilai tekstur menurun sebesar 6,3% dan 0,5% yaitu dari 4404,8 menjadi 4129gf dan 4404,8 menjadi 4384gf. Meskipun nilai tekstur cabai rawit P1 dan P2 menurun, ketika dipatahkan masih menghasilkan bunyi “krek” yang menandakan bahwa cabai rawit layak dikonsumsi dan dipasarkan. P2 memiliki tekstur yang terbaik dibandingkan P1 karena nanokitosan yang digunakan memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu 200nm sedangkan ukuran nanokitosan P1 adalah 6075nm, semakin kecil nanokitosan maka penyerapannya ke dalam sel semakin tinggi sehingga aktivitas kitosan dalam menghambat produksi CO<sub>2</sub> tinggi dan degradasi dinding sel dapat dihambat. Menurut Nyorere & Uguru (2018), tekstur buah berkaitan dengan struktur dinding sel dan perubahan yang terjadi selama perkembangan dan pematangan. Dinding sel akan mengalami

degradasi selama pematangan buah. Enzim yang berperan dalam degradasi dinding sel adalah pektin metilesterase. Liu et al. (2014) menyatakan bahwa aktivitas enzim pektin metilesterase berkaitan dengan produksi CO<sub>2</sub>, dimana jika produksi CO<sub>2</sub> dihambat maka aktivitas enzim pendegradasi dinding sel akan berkurang sehingga tekstur buah dapat dipertahankan selama penyimpanan.

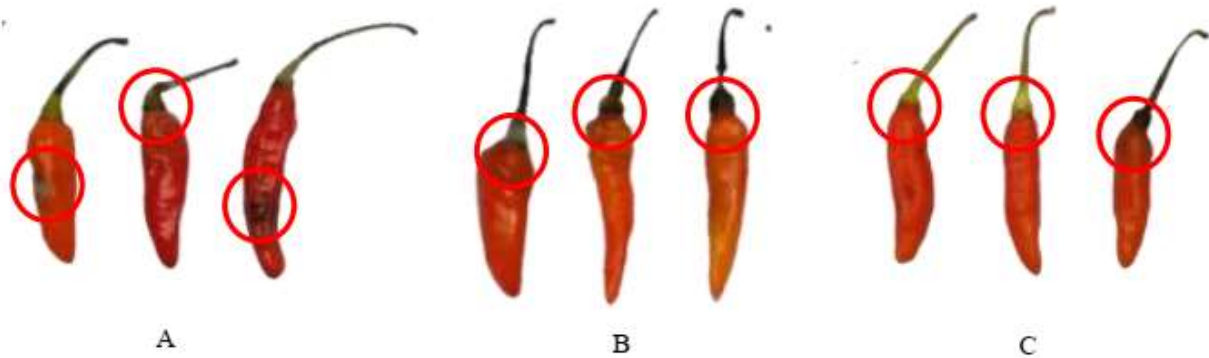
P0 mengalami penurunan nilai tekstur sebesar 19% yaitu dari 4404,8 menjadi 3540gf. Hal ini menyebabkan P0 memiliki tekstur yang sangat lunak. Pelunakan tersebut disebabkan karena adanya kadar air yang tinggi dan oksidasi pektin yang lebih cepat. Menurut Verma et al. (2017), pelunakan tekstur buah disebabkan oleh degradasi oleh enzim pektin metilesterase karena menyebabkan berkuangnya ikatan intermolekul

pada dinding sel sehingga memodifikasi stuktur dinding sel buah.

### Pengaruh Pelapisan Nanokitosan terhadap Letak Kerusakan Cabai Rawit

Kerusakan pada cabai rawit ditemukan pada semua sampel setelah penyimpanan. Kerusakan pada cabai disebabkan oleh mikroorganisme. Berdasarkan gambar 3, P0 memiliki kerusakan yang terdapat pada tangkai buah dan permukaan buah, sedangkan pada P1 dan P2, kerusakan hanya ditemukan pada sekitar tangkai buah. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan nanokitosan pada cabai rawit dapat mengurangi terbentuknya kerusakan karena mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan penelitian

Syahri & Somantri (2016), bahwa cabai yang dilapisi kitosan dapat mengurangi kerusakan akibat serangan antraknosa, karena kitosan memiliki sifat antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan mikroorganisme. Pilon et al. (2014) juga menyatakan bahwa buah stroberi yang dilapisi nanokitosan memiliki jumlah mikroba yang lebih rendah dibandingkan buah stroberi tanpa pelapisan nanokitosan. Menurut Gad et al. (2016), kitosan memiliki aktivitas antimikroba dihasilkan karena adanya interaksi antara muatan positif dari gugus amino kitosan dan muatan negatif dari membran sel mikroba yang mana dapat meningkatkan permeabilitas membran sel mikroba, sehingga sel mikroba terganggu dan menimbulkan kematian sel.



Gambar 3. Letak kerusakan cabai rawit setelah penyimpanan, A = P0 (Perlakuan nanokitosan konsentrasi 0%), B = P1 (Perlakuan nanokitosan konsentrasi 0,2% rasio 1:3), C = P2 (Perlakuan nanokitosan konsentrasi 0,2% rasio 1:5).

### KESIMPULAN

Pelapisan nanokitosan pada buah cabai rawit setelah panen memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas cabai rawit setelah panen yaitu kadar air, warna, dan letak kerusakan. Cabai rawit yang dilapisi nanokitosan 0,2% rasio 1:5 memberikan pengaruh yang terbaik dan mampu mempertahankan kualitasnya hingga 16 hari penyimpanan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dukungan dana dari Sumber Dana selain APBN Fakultas Sains dan

Matematika UNDIP Tahun Anggaran 2021, Nomor: 2711 /UN7.5.8.2/PP/2021.

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Nemrawi, N. K., Alsharif, S. S. M., & Dave, R. H. 2018. Preparation of chitosan-tpn nanoparticles: The influence of chitosan polymeric properties and formulation variables. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 10(5), 60–65. <https://doi.org/10.22159/ijap.2018v10i5.26375>
- Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Mohammadhoseini, Z., & Ahmadi, K. 2014. Effect of Nanochitosan-Based Coating With and Without Copper Loaded on

- Physicochemical and Bioactive Components of Fresh Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne) During Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 7(8), 2397–2409.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11947-014-1281-2>
- Gad, M. M., Zagzoug, O. A., & M, H. O. 2016. Development of Nano-Chitosan Edible Coating for Peach Fruits Cv.Desert Red. *International Journal of Environment*, 5(4), 43–55.
- Gardesh, A. S. K., Badii, F., Hashemi, M., Ardakani, A. Y., Maftoonazad, N., & Gorji, A. M. 2016. Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of apple cv. Golab Kohanz. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 33–40.  
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.002>
- Gatto, M. A., Ippolito, A., Linsalata, V., Cascarano, N. A., Nigro, F., Vanadia, S., & Venere, D. Di. 2011. Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. *Postharvest Biol Tec*, 61, 72–82.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.02.005>
- Han, J. H. 2013. Edible Films and Coatings: A Review. In *Innovations in Food Packaging: Second Edition*. Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6>
- Irianto, H. E., & Muljana, I. 2011. Proses dan Aplikasi Nanopartikel Kitosan. *Squalen*, 6(1), 1–8.
- Killay, A. 2013. Kitosan sebagai Antibakteri pada Bahan Pangan yang Aman dan Tidak Berbahaya (Review). *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura*, 200–201.  
<https://doi.org/ISBN:978-602-97522-0-5>
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Srivastav, M., & Varghese, E. 2017. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. *Scientia Horticulturae*, 226(May), 104–109.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.037>
- Li, H., & Yu, T. 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2(81), 269–274.
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H., & Liu, J. 2014. Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. *Scientia Horticulturae*, 176, 45–53.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>
- Maharani, D. M., Latriyanto, A., Rafianto, V., Putri, S. V. Y. S., & Khasanah, K. 2019. Rancang Bangun Hypobaric storage Sebagai Alat Penyimpanan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Agritech*, 39(2), 143.
- Nguyen, H. V. H., & Nguyen, D. H. H. 2020. Effects of nano-chitosan and chitosan coating on the postharvest quality, polyphenol oxidase activity and malondialdehyde content of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 3(1), 11–24.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2698.1082>
- Nyorere, O., & Uguru, H. 2018. Instrumental Texture Profile Analysis (TPA) of Cucumber Fruit as Influenced by Its Part and Maturity Stage. *American Journal of Engineering and Technology Management*, 3(4), 54–60.  
<https://doi.org/10.11648/j.ajetm.20180304.11>
- Pertaminingsih, L.D., Prihastanti, E., Parman, S., Subagio, A., & Ngadiwiyana. 2018. Application of Inorganic Fertilizer with NanoChisil and Nanosilica on Black Corn Plant Growth (*Zea Mays* L.). *Journal of Physics: Conference Series*, 1025. doi:10.1088/1742-6596/1025/1/012128
- Pilon, L., Spricigo, P. C., Miranda, M., de Moura, M. R., Assis, O. B. G., Mattoso, L. H. C., & Ferreira, M. D. 2014. Chitosan nanoparticle coatings reduce microbial growth on fresh-cut apples while not affecting quality attributes. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 440–448.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijfs.12616>
- Prihastanti, E., Subagyo, A., & Ngadiwiyana, N. 2018. Effect of combination of NPK and nano silica on the levels of  $\beta$ -carotene and nutritional value of corn (*Zea mays* L.). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434. doi:10.1088/1757-899X/434/1/012117
- Sañudo, M. B., Cepeda, J. S., Muy-Rangel, D., & Heredia, J. B. 2009. Extending the shelf-life of bananas with 1-methylcyclopropene and a chitosan-based edible coating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2343–2349.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.3715>
- Shiekh, R. A., Malik, M. A., Al-Thabaiti, S. A., & Shiekh, M. A. 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. *Food Science and Technology Research*, 19(2), 139–155. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.139>
- Silaban, S. D., Erma, P., Endang, S., Silaban, S. D., Prihastanti, E., Saptiningsih, E., Anatomi, B., Hasundutan, H., & Utara, S. 2013. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kandungan Total Asam, Kadar Gula serta Kematangan Buah Terung Belanda (*Cyphomandra betacea* Sent.). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 21(1), 55–63. <https://doi.org/10.14710/baf.v21i1.6266>
- Sukmawaty, S., Ahzani, M., & Putra, G. M. D. 2019. Karakteristik Buah Manggis, Alpukat, Dan Jambu Biji Pada Penyimpanan Suhu Rendah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 8(4), 280. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v8i4.280-292>
- Sulistyaningrum, A., & Darudriyo. 2018. Penurunan Kualitas Cabai Rawit selama Penyimpanan dalam Suhu Ruang. *Agronida*, 4(2), 64–71.
- Syahri, & Somantri, R. U. 2016. Penanganan Segar Untuk Mempertahankan Mutu Dan Menekan Susut Bobot Cabai Selama Penyimpanan. *Repositori Publikasi Kementerian Pertanian*, 83, 1326–1333.
- Verma, C., Tiwari, A. K. M., & Mishra, S. 2017. Biochemical and Molecular Characterization of Cell Wall Degrading Enzyme, Pectin Methylsterase Versus Banana Ripening: An Overview. *Asian Journal of Biotechnology*, 9(1), 1–23. <https://doi.org/10.3923/ajbkr.2017.1.23>
- Xing, Y., Li, W., Wang, Q., Li, X., Xu, Q., Guo, X., Bi, X., Liu, X., Shui, Y., Lin, H., & Yang, H. 2019. Antimicrobial nanoparticles incorporated in edible coatings and films for the preservation of fruits and vegetables. *Molecules*, 24(9).