

PEMANFAATAN *EDIBLE COATING* BERBAHAN KITOSAN UNTUK MENCEGAH PERKEMBANGAN *Botrytis Cinerea* PADA BUAH TOMAT CHERRY

(*Edible Coating Chitosan as an Antimicrobial to Prevent Botrytis cinerea on Cherry Tomatoes*)

DEVIANA PRIMAYURI^{1*}, DINI SUNDARI¹, DUMARIS PRISKILA PURBA¹

¹Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail: deviana.primayuri@unsoed.ac.id

ABSTRACT

Botrytis cinerea, a fungal pathogen, is largely to blame for the significant decline in cherry tomato prices. Chitosan, a natural biopolymer, has been explored as an alternative coating material to enhance fruit resistance and preserve postharvest quality. This study looks at how well chitosan edible coatings, applied by spraying and dipping, can prevent *Botrytis cinerea* infection on cherry tomatoes. The fruits were intentionally infected by making cuts and soaking them in a solution containing the pathogen, and then they were treated with chitosan coatings 2%. The coated fruits were incubated at room temperature for 14 days and assessed periodically on days 1, 7, and 14 for weight loss, disease incidence, and sugar content (°Brix). Results showed that the dip coating method significantly reduced weight loss and disease incidence compared to other treatments, with the lowest weight loss recorded at 0.87 grams and disease incidence at 22.22%. The highest sugar content was observed in the uncoated control group (7.23° Brix), indicating that coatings might slightly affect sweetness. Both ways of using chitosan successfully prevented the growth of *Botrytis cinerea* and kept the quality of cherry tomatoes satisfactory while they were stored. These findings suggest that chitosan edible coatings, especially when applied by dipping, offer a promising, environmentally friendly postharvest treatment to reduce decay and prolong the shelf life of cherry tomatoes.

Keywords: *Botrytis cinerea*, chitosan, postharvest treatment, quality control, weight loss

PENDAHULUAN

Penyakit pascapanen, khususnya yang disebabkan oleh jamur patogen seperti *Botrytis cinerea*, merupakan salah satu tantangan utama dalam industri hortikultura, termasuk pada komoditas tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). *Botrytis cinerea* dikenal sebagai penyebab busuk buah yang dapat menurunkan kualitas, nilai ekonomi, dan masa simpan produk, sehingga diperlukan strategi pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan (Liu *et al.* 2025). Penggunaan fungisida sintetik masih menjadi pilihan utama, namun dampak negatifnya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan mendorong pencarian alternatif pengendalian yang lebih aman dan berkelanjutan.

Salah satu pendekatan inovatif dalam pengendalian penyakit pascapanen adalah pemanfaatan *edible coating*. *Edible coating* merupakan lapisan tipis yang dapat dimakan, diaplikasikan pada permukaan buah untuk membentuk barrier fisik dan/atau melepaskan senyawa bioaktif yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (Han 2014; Das *et al.* 2022). Kitosan, polisakarida alami yang diekstrak dari cangkang krustasea, telah banyak diteliti sebagai bahan dasar *edible coating* karena sifat-sifatnya yang menguntungkan, antara lain: biodegradabilitas, biokompatibilitas, aktivitas antimikroba, dan kemampuan membentuk film yang kuat dan fleksibel (Wu *et al.* 2024). Kemampuan kitosan dalam menghambat pertumbuhan *B. cinerea* telah dibuktikan dalam beberapa penelitian pada berbagai komoditas buah.

Penelitian mengenai pemanfaatan edible coating berbahan kitosan untuk mengendalikan penyakit pascapanen yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea* pada buah telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Studi oleh Buzón-Durán *et al.* (2023) menunjukkan bahwa kombinasi kitosan oligomer dan senyawa bioaktif dari *Streptomyces* spp. mampu secara signifikan menghambat pertumbuhan *B. cinerea* pada buah anggur, sekaligus mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan buah tersebut. Selanjutnya, studi yang dilakukan oleh Nurfadhillah and Hasbullah (2025) menunjukkan bahwa *edible coating* berbahan kitosan dengan konsentrasi 2% dan 3% efektif dalam menghambat pertumbuhan *Botrytis cinerea* pada tomat ceri yang disimpan selama 21 hari

pada suhu 20°C dan kelembaban relatif 85%. Tomat yang dilapisi kitosan pada konsentrasi tersebut mengalami penurunan luas lesi penyakit hingga 60-75% dibandingkan kontrol tanpa pelapisan. Selain itu, berat buah dan kadar air tetap lebih terjaga pada kelompok kitosan 2%, serta aktivitas enzim peroksidase meningkat signifikan, menandakan adanya peningkatan mekanisme pertahanan alami buah terhadap infeksi patogen.

Berdasarkan beberapa studi literatur, belum adanya penelitian mengenai pengaruh metode pelapisan kitosan dan pengaruhnya pada penyakit *Botrytis cinerea*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas metode pelapisan kitosan dalam menghambat pertumbuhan *B. cinerea* pada buah tomat ceri dan memperpanjang masa simpannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pascapanen yang berkelanjutan dan meningkatkan nilai tambah produk tomat ceri.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei hingga Juni 2025 di Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa akuades steril, buah tomat ceri varietas Roma Vf, isolat *B. cinerea*, larutan kitosan 2%. Sedangkan alat yang digunakan berupa jarum suntik ukuran 1mL, tabung reaksi, mikroskopi, haemocytometer, cover glass, vortex, timbangan analitik, refraktometer Brix, mikropipet.

Metode Penelitian

Persiapan suspensi *B. cinerea*

Jamur patogen *B. cinerea* ditumbuhkan pada media Potato Dextrose Agar (PDA) dalam cawan petri dengan suhu sekitar 20-22°C selama kurang lebih 5-7 hari. Tambahkan air steril secukupnya ke permukaan media, kemudian gores perlahan permukaan jamur menggunakan spatula agar spora terlepas ke dalam cairan tersebut. Suspensi yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan spora dari sisa miselium. Spora dalam suspensi dihitung menggunakan hemositometer di bawah mikroskop pada tingkat pengenceran 1×10^5 (Sundari *et al.* 2025).

Inokulasi jamur patogen *B. cinerea*

Inokulasi dilakukan menggunakan metode pelukaan dan perendaman untuk mensimulasikan infeksi alami dan memastikan penetrasi patogen. Buah tomat ceri terlebih dahulu disterilisasi permukaannya menggunakan sodium hipoklorit selama 2 menit dan dibilas menggunakan aquades. Pelukaan pada permukaan buah menggunakan jarum steril. Selanjutnya, buah yang telah dilukai direndam dalam suspensi spora *B. cinerea* dengan konsentrasi 1×10^5 spora/mL selama 30 menit dan ditiriskan (Vitti *et al.* 2024).

Pelapisan Kitosan pada buah tomat ceri

Pelapisan buah tomat ceri dilakukan menggunakan larutan kitosan dengan konsentrasi 2% dengan rasio 2 gram bubuk kitosan dilarutkan dengan 99 mL air steril dan 1 mL asam asetat. Dua metode aplikasi yang digunakan ialah metode celup dan metode semprot (*spray*). Pada metode celup, buah tomat ceri direndam secara menyeluruh dalam larutan kitosan selama waktu 3 menit untuk memastikan seluruh permukaan terlapisi dengan baik. Sedangkan pada metode semprot, larutan kitosan diatomisasi dan disemprotkan merata ke permukaan buah menggunakan sprayer dengan mode menyebar. Setelah pelapisan, buah dibiarkan mengering pada suhu ruang sebelum dilakukan penyimpanan atau perlakuan selanjutnya (Nurfadhillah & Hasbullah 2025).

Parameter pengamatan

Pengamatan Susut Bobot Buah

Pengukuran susut bobot buah dilakukan dengan menimbang setiap buah tomat secara individual menggunakan timbangan elektronik dengan tingkat presisi minimal 0,01 gram pada setiap perlakuan. Pengukuran bobot selanjutnya dilakukan secara berkala setiap beberapa hari selama masa penyimpanan untuk mengamati perubahan bobot akibat penguapan dan respirasi. Pengukuran kehilangan bobot dihitung dengan mengurangi bobot awal dengan bobot buah pada pengamatan 7 hsp dan 14 hsp (Purnomo *et al.* 2017; Karimullah & Handarin 2024).

Pengamatan Indeks Kejadian Penyakit

Indeks kejadian penyakit *Botrytis cinerea* diukur melalui pengamatan visual pada seluruh permukaan buah tomat selama masa penyimpanan. Pengamatan ini bertujuan untuk mendeteksi munculnya gejala khas infeksi, seperti bercak coklat keabu-abuan yang meluas, pelayuan jaringan, serta pembusukan lunak yang menunjukkan perkembangan penyakit. Setiap buah yang menunjukkan ciri-ciri tersebut secara teliti dicatat sebagai buah terinfeksi. Data jumlah buah terinfeksi dibandingkan dengan total jumlah buah yang diamati pada 14 hsp. Persentase kejadian penyakit dihitung dengan rumus (Megasari *et al.* 2022; Sari *et al.* 2025):

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = Indeks kejadian penyakit (100%)
n = Jumlah buah tomat ceri yang bergejala
N = Jumlah buah tomat ceri yang diamati

Pengamatan Total Padatan Terlarut

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan refraktometer, di mana sari buah diperoleh melalui pemerasan atau penghancuran buah ditetaskan pada lapisan indikator pengukuran kadar gula. Nilai °Brix, yang menunjukkan konsentrasi gula terlarut, diukur pada 14 hsp.

Analisis data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan berbeda yakni, kontrol positif (buah dengan inokulasi *B. cinerea*), kontrol negatif (buah sehat), PSI (buah yang diinokulasi *B. cinerea* dan pelapisan kitosan dengan metode spray), PCI (buah yang diinokulasi *B. cinerea* dan pelapisan kitosan dengan metode celup). Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali ulangan, dan setiap ulangan terdiri dari 6 unit percobaan, sehingga total unit percobaan yang diamati sebanyak 120 buah. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk menguji adanya perbedaan nyata antar perlakuan pada setiap parameter yang diamati. Bila terdapat perbedaan yang signifikan, dilanjutkan dengan uji lanjut *Least Significant Difference* (LSD) pada taraf signifikansi 5%

HASIL DAN PEMBAHASAN

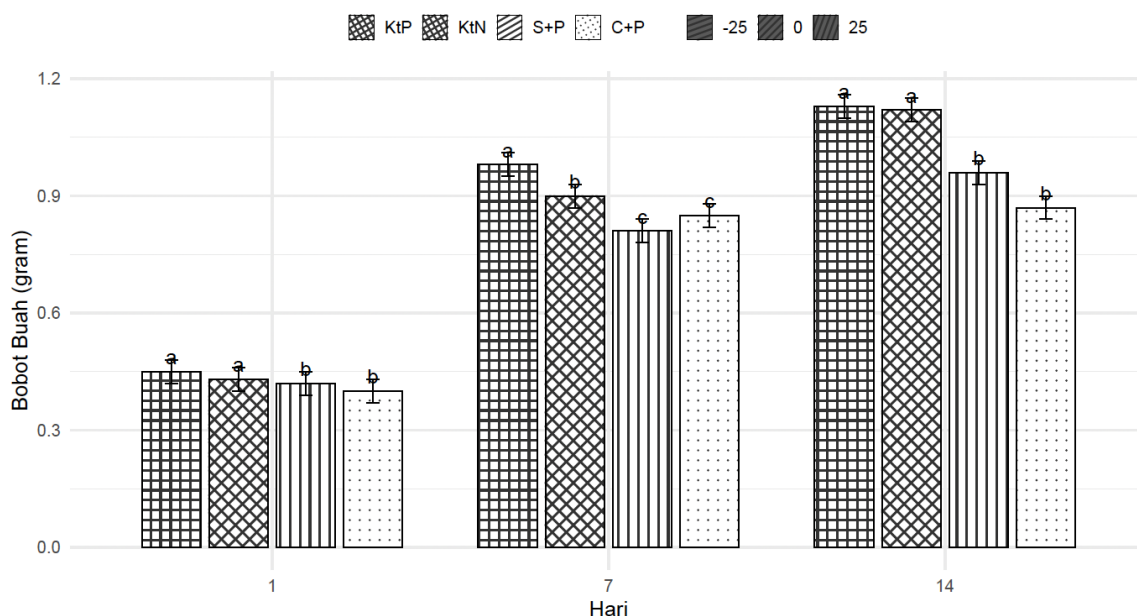
Susut bobot buah tomat ceri

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pelapisan kitosan terhadap susut bobot buah tomat ceri pada beberapa perlakuan. Pengaruh pelapisan kitosan, baik dengan metode spray (S+P) maupun celup (C+P), efektif dalam mengurangi susut bobot buah tomat ceri selama 14 hari penyimpanan jika dibandingkan dengan kontrol yang diinokulasi patogen (KtP) (Tabel 1). Bobot buah pada perlakuan KtP mengalami susut paling tinggi sebesar 1.13 gram pada hari ke-14 hsp yang disebabkan karena infeksi *B. cinerea*. Jamur ini memicu proses pembusukan dengan cara menginfeksi dan memecah struktur seluler pada permukaan dan jaringan buah, yang selanjutnya melemahkan penghalang alami kulit buah. Kulit buah tomat ceri yang tipis mudah menimbulkan kerusakan yang dapat meningkatkan kehilangan air secara drastis melalui penguapan dan menyebabkan pelunakan serta degradasi massa buah. Akibatnya, terjadi susut bobot yang lebih besar dibandingkan buah yang tidak terinfeksi. Pada penelitian (Wang *et al.* 2025), Infeksi patogen seperti *B. cinerea* dapat merusak penghalang alami melalui enzim yang menguraikan kitin dan komponen dinding sel lain, sehingga fungsi pelindung kulit alami menurun dan menyebabkan peningkatan kehilangan bobot buah.

Perlakuan KtN (buah sehat tanpa perlakuan) mempertahankan bobot lebih baik dibanding KtP, namun masih di bawah perlakuan kitosan, menandakan bahwa penghalang fisik dan sifat antimikroba kitosan memberikan perlindungan tambahan terhadap susut bobot. Dengan pelapisan kitosan, penetrasi dan perkembangan *B. cinerea* dapat ditekan, sehingga menjaga kualitas kulit buah dan memperlambat proses kehilangan bobot. Pelapisan berbasis kitosan menciptakan penghalang fisik

yang efektif pada permukaan buah. Menurut Li *et al.* (2025), lapisan kitosan mampu memblokir pertukaran gas antara buah dan lingkungan sekitar, sehingga proses respirasi buah menjadi lebih lambat dan penuaan buah tertunda. Selain itu, pelapisan ini juga membantu mengurangi kerusakan mekanis yang mungkin terjadi selama penanganan dan penyimpanan, serta membatasi kehilangan air pada buah tomat ceri. Menurut Dai *et al.* (2025), selain sebagai penghalang fisik, kitosan juga merangsang respon pertahanan alami buah dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan dan enzim pertahanan lainnya, yang membantu memperkuat ketahanan tomat ceri terhadap infeksi. Selain sebagai penghalang fisik, kitosan menunjukkan aktivitas antijamur. Menurut Poznanski *et al.* (2023), molekul kitosan dengan gugus amino bermuatan positif berinteraksi dengan membran sel mikroorganisme patogen yang bermuatan negatif, sehingga merusak kekuatan membran patogen *B. cinerea*. Kerusakan ini menyebabkan kebocoran isi sel *B. cinerea* dan akhirnya menghambat pertumbuhan atau membunuh *B. cinerea*.

Pelapisan kitosan juga berpengaruh pada metabolisme fisiologis buah selama penyimpanan. Kitosan dapat menghambat aktivitas enzim yang berhubungan dengan proses penuaan (senescence), sehingga memperlambat kerusakan jaringan buah. Selain itu, pelapisan ini meningkatkan kapasitas antioksidan buah, yang berperan melindungi buah dari kerusakan oksidatif akibat radikal bebas. Kitosan juga berperan dalam mengatur keseimbangan hormon buah, yang memengaruhi berbagai proses metabolisme internal dan membantu mempertahankan kualitas serta kesegaran buah selama periode penyimpanan. Hal ini sesuai dengan El Amerany *et al.* (2022) kitosan tidak hanya menciptakan penghalang fisik yang menghambat pertukaran gas, mengurangi kerusakan mekanik, dan mencegah kehilangan air, tetapi juga merangsang pertahanan alami buah dan mengatur metabolisme fisiologis yang memperlambat proses penuaan.



Gambar 1. Pengaruh metode pelapisan kitosan terhadap susut bobot buah tomat ceri pada suhu ruang

Indeks Kejadian Penyakit

Pelapisan kitosan pada buah tomat ceri terhadap indeks kejadian penyakit setelah 14 hsp memberikan pengaruh nyata pada penurunan persentase kejadian penyakit. Pada perlakuan metode pelapisan kitosan pada buah tomat ceri tidak menunjukkan perbedaan penurunan kejadian penyakit. Pelapisan kitosan dengan metode spray menunjukkan penurunan persentase kejadian penyakit tertinggi hingga 22,22% (Tabel 2). Gejala kerusakan akibat inokulasi *B. cinere* berupa lesi pada daerah pelukaan (Gambar 2). Selain itu terjadi penyusutan pada buah yang dapat menurunkan kualitas buah tomat ceri. Pada perlakuan celup, kerusakan hanya terjadi pada satu buah tomat yang mengalami lesi pada daerah pelukaan dan sedikit buah yang mengalami penyusutan. Hal tersebut sesuai dengan Marganingsih & Putra (2021) kitosan memiliki sifat antijamur dan mampu membentuk lapisan pelindung tipis di permukaan buah, sehingga menghambat pertumbuhan *B. cinerea* penyebab penyakit busuk buah. Dengan pelapisan kitosan, tomat ceri menjadi lebih terlindungi dari infeksi mikroba, yang menyebabkan penurunan signifikan dalam tingkat kejadian penyakit. Hal tersebut

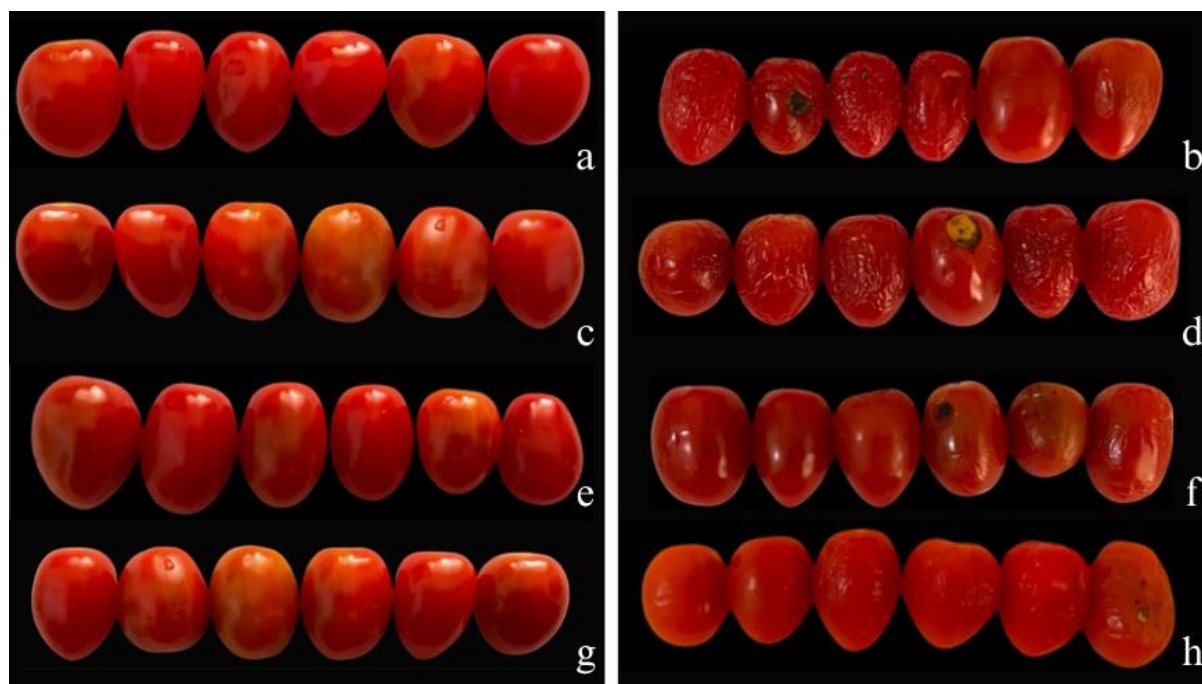
sesuai dengan Barreto *et al.* (2016), pelapisan kitosan menunda munculnya tanda-tanda penyakit dan mempertahankan kualitas buah lebih lama dibandingkan dengan buah tanpa pelapisan kitosan. Penelitian Zhang *et al.* (2015) bahwa penggunaan larutan kitosan 0.2% secara signifikan menghambat pertumbuhan *Botrytis cinerea* yang menyebabkan penyakit gray mold pada tomat ceri. Dengan demikian, pelapisan kitosan menjadi metode spray dan celup efektif untuk mengendalikan penyakit pada buah tomat ceri.

Pelapisan kitosan pada buah tomat ceri dapat berperan ganda dalam mengendalikan serangan *B. cinerea*, jamur penyebab penyakit gray mold. Sebagai penghalang fisik, menurut Guo *et al.* (2020) kitosan membentuk lapisan film di permukaan buah yang mencegah penetrasi dan perkembangan spora jamur. Kitosan juga dapat memicu respons pertahanan pada buah tomat ceri yang berfungsi sebagai sinyal stres dan agen pembunuh patogen langsung. Selain itu, kitosan juga menghasilkan aktivitas enzim pertahanan yang dapat memperkuat dinding sel buah dan menahan penyebaran infeksi jamur. Penelitian Lin *et al.* (2005) dalam menunjukkan bahwa kitosan memicu respons pertahanan tanaman melalui jalur pensinyalan yang melibatkan peningkatan produksi hidrogen peroksida sebagai molekul sinyal stres dan peningkatan aktivitas enzim antioksidan seperti peroksidase (POD), yang berperan dalam memperkuat dinding sel serta menghambat pertumbuhan patogen.

Tabel 1. Pengaruh metode pelapisan kitosan terhadap persentase kejadian penyakit

Perlakuan	Kejadian Penyakit (%)
KtP	66.67 a
KtN	46.67 a
S + <i>B. cinerea</i>	33.33 b
C + <i>B. cinerea</i>	22.22 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan berdasarkan uji LSD pada tingkat signifikan 5%.



Gambar 2. Perbandingan penampilan buah tomat ceri pada suhu ruang: a) Kt+B. *cinerea* pada 1 hsp; b) Kt+B. *cinerea* pada 14 hsp; c) Kt pada 1 hsp; d) Kt pada 14 hsp; e) S + *B. cinerea* pada 1 hsp; f) S + *B. cinerea* pada 14 hsp; g) C + *B. cinerea* pada 1 hsp; h) C + *B. cinerea* pada 14 hsp

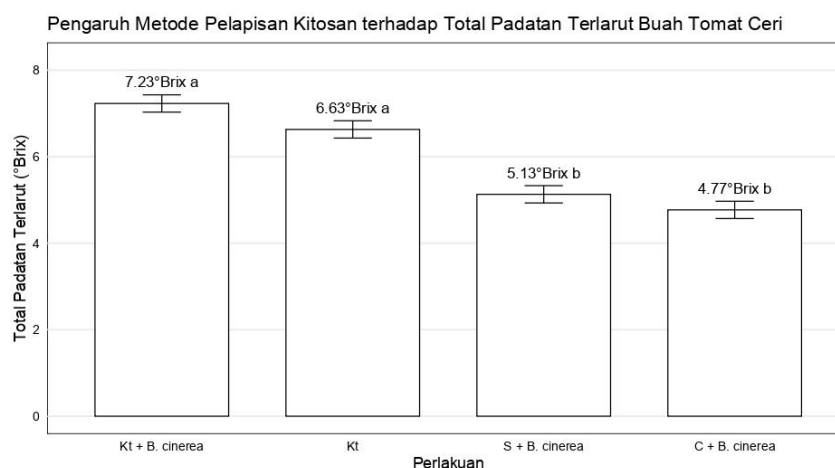
Total Padatan Terlarut

Data menunjukkan bahwa perlakuan tomat tanpa pelapisan kitosan yang diinokulasikan dengan *B. cinerea* (Kt + *B. cinerea*), memiliki total padatan terlarut (TSS) tertinggi sebesar 7,23°Brix (gambar 2). Sedangkan tomat sehat tanpa inokulasi (Kt) memiliki nilai TSS sebesar 6,63°Brix. Perlakuan S+P

dan C+P memberikan nilai TSS yang lebih rendah, masing-masing 5,13° dan 4,77°Brix (Gambar 2). Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa tomat tanpa pelapisan kitosan yang diinokulasikan patogen justru menunjukkan kadar zat terlarut tertinggi. Hal tersebut dikarenakan respons fisiologis seperti peningkatan respirasi dan pemecahan pati yang disebabkan adanya infeksi *B. cinerea* sehingga produksi gula sederhana juga meningkat. Peningkatan produksi gula sederhana tersebut merupakan respon metabolisme buah tomat ceri terhadap infeksi *B. cinerea*. Proses tersebut sejalan dengan (Morkunas & Ratajczak 2014; Tahmasebi *et al.* 2023) gula terutama glukosa dan fruktosa sebagai sumber energi utama dalam metabolisme selama stres maupun serangan patogen.

Selain itu, infeksi oleh patogen *B. cinerea* pada buah tomat ceri, memicu respons metabolik fisiologis yang ditandai dengan peningkatan kadar gula dalam jaringan buah. Wang *et al.* (2021a) mengemukakan bahwa peningkatan ini disebabkan oleh aktivitas enzim yang diinduksi patogen, seperti amilase dan invertase, yang memecah cadangan pati menjadi gula sederhana (glukosa, fruktosa), sehingga terjadi akumulasi gula di area yang terinfeksi. Akumulasi gula sederhana ini dapat terlihat terutama pada area jaringan yang terinfeksi.

Dalam pengendalian pascapanen, aplikasi pelapisan kitosan terbukti efektif dalam mengatur metabolisme buah selama infeksi. Kitosan membentuk lapisan semipermeabel yang dapat menghambat respirasi buah, sehingga memperlambat laju konversi pati menjadi gula dan aktivitas enzim pemecah karbohidrat. Hal tersebut dapat mempertahankan kualitas buah lebih lama. Menurut Wang *et al.* (2021b), aplikasi kitosan tidak hanya memperlambat perkembangan patogen *B. cinerea*, tetapi juga mempertahankan kadar gula yang lebih stabil, menjaga kualitas buah lebih lama.



Gambar 3. Pengaruh metode pelapisan kitosan terhadap total padatan terlarut buah tomat ceri yang terinfeksi *B. cinerea* pada 14 hsp.

KESIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pelapisan kitosan, baik dengan metode semprot maupun celup, efektif dalam mengurangi kehilangan bobot dan tingkat kejadian penyakit pada tomat ceri yang terinfeksi *B. cinerea*. Metode pelapisan dengan celup menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan metode semprot, dengan tingkat kejadian penyakit yang lebih rendah. Selain itu, pelapisan kitosan juga membantu mempertahankan kualitas buah dengan menjaga kadar total padatan terlarut (°Brix) dan mengatur metabolisme buah selama masa penyimpanan setelah panen. Hal ini menandakan bahwa kitosan merupakan bahan pelapisan alami yang dapat meningkatkan ketahanan dan memperpanjang masa simpan buah tomat ceri pascapanen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Jenderal Soedirman atas dukungan dan kerjasama yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih khusus kami sampaikan atas fasilitas dan tempat yang telah disediakan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- El Amerany, F, Rhazi, M, Balcke, G, Wahbi, S, Meddich, A, Taourirte, M & Hause, B 2022, 'The effect of chitosan on plant physiology, wound response, and fruit quality of tomato', *Polymers*, 14(22):5006, doi:10.3390/polym14225006.
- Barreto, TA, Andrade, SCA, Maciel, JF, Arcanjo, NMO, Madruga, MS, Meireles, B, Cordeiro, ÂMT, Souza, EL & Magnani, M 2016, 'A Chitosan coating containing essential oil from *origanum vulgare* L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit', *Frontiers in Microbiology*, 7, doi:10.3389/fmicb.2016.01724.
- Buzón-Durán, L, Sánchez-Hernández, E, Sánchez-Báscones, M, García-González, MC, Hernández-Navarro, S, Correa-Guimarães, A & Martín-Ramos, P 2023, 'A coating based on bioactive compounds from *streptomyces* spp. and chitosan oligomers to control botrytis cinerea preserves the quality and improves the shelf life of table grapes', *Plants*, 12(3):577, doi:10.3390/plants12030577.
- Dai, L, Wang, X, Zhang, J & Li, C 2025, 'Application of chitosan and its derivatives in postharvest coating preservation of fruits', *Foods*, 14(8):1318, doi:10.3390/foods14081318.
- Das, D, Panesar, PS, Saini, CS & Kennedy, JF 2022, 'Improvement in properties of edible film through non-thermal treatments and nanocomposite materials: a review', *Food Packaging and Shelf Life*, 32:100843, doi:10.1016/j.fpsl.2022.100843.
- Guo, H, Qiao, B, Ji, X, Wang, X & Zhu, E 2020, 'Antifungal activity and possible mechanisms of submicron chitosan dispersions against *Alteraria alternata*', *Postharvest Biology and Technology*, 161:110883, doi:10.1016/j.postharvbio.2019.04.009.
- Han, JH 2014, 'Edible films and coatings', in *Innovations in Food Packaging*, Elsevier, doi:10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6.
- Li, L, Guo, W, Wang, L, Cheng, S & Cheng, H 2025, 'Chitosan derived nano-selenium based coatings for postharvest safety of cherry tomato', *LWT*, 217:117441, doi:10.1016/j.lwt.2025.117441.
- Lin, W, Hu, X, Zhang, W, John Rogers, W & Cai, W 2005, 'Hydrogen peroxide mediates defence responses induced by chitosans of different molecular weights in rice', *Journal of Plant Physiology*, 162(8):937–944, doi:10.1016/j.jplph.2004.10.003.
- Liu, K, Jing, Z, Li, J, Chang, J, Wang, H, Jia, S, Yu, Y & Zhang, S 2025, 'Inhibitory effects and mechanisms of water-soluble chitosan/curdlan edible composite coating on polygalacturonase and β -Glucosidase', *Journal of Food Biochemistry*, 2025(1), doi:10.1155/jfbc/8884163.
- Marganingsih, A & Putra, ETS 2021 'Pengaruh konsentrasi kitosan udang dan kepiting sebagai <i>edible coating</i> terhadap mutu dan daya simpan tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*)', *Vegetalika*, 10(1):69, doi:10.22146/veg.53519.
- Megasari, D, Wiseno, RA, Nikijuluw, RPF, Irsyadillah, MR, Ratnadewati, AS, Widyana, A & Septafio, RA 2022, 'Monitoring Kutudaun dan Penyakit Belang Kacang Tanah dalam Penerapan Prinsip Pengendalian Hama Terpadu di Kabupaten Sidoarjo', *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 3(1):575–583, doi:10.47687/snppvp.v3i1.341.
- Morkunas, I & Ratajczak, L 2014, 'The role of sugar signaling in plant defense responses against fungal pathogens', *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(7):1607–1619, doi:10.1007/s11738-014-1559-z.
- Nurfadhillah, S & Hasbullah, R 2025, 'The use of chitosan coating to maintain the quality of cherry tomatoes (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*)', *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(1):21-30, doi:10.23960/jtep-l.v14i1.21-30.
- Poznanski, P, Hameed, A & Orczyk, W 2023, 'Chitosan and chitosan nanoparticles: parameters enhancing antifungal activity', *Molecules*, 28(7):2996, doi:10.3390/molecules28072996.
- Sari, OP, Yulianty, Y, Azizah, E & Agustrina, R 2025, 'Aplikasi edible coating berbahan dasar umbi singkong untuk mutu dan ketahanan buah cabai merah terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum* Sp.)', *Jurnal Penelitian Inovatif*, 5(1):755–764, doi:10.54082/jupin.1259.
- Sundari, D, Purba, DP & Primayuri, D 2025, 'Pengaruh Perlakuan Jangka Pendek CO₂ Tinggi Terhadap Masa Simpan dan Perkembangan (*Botrytis cinerea*) pada Buah Strawberry', *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan Seri 3*, Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, hlm. 317-325.
- Tahmasebi, A, Roach, T, Shin, SY & Lee, CW 2023, '*Fusarium solani* infection disrupts metabolism during the germination of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds', *Frontiers in Plant Science*, 14, doi:10.3389/fpls.2023.1225426.

- Vitti, A, Coviello, L, Triunfo, M, Guarnieri, A, Scieuzo, C, Salvia, R, Falabella, P & Nuzzaci, M 2024, 'In vitro antifungal activity and in vivo edible coating efficacy of insect-derived chitosan against *Botrytis cinerea* in strawberry', *International Journal of Biological Macromolecules*, 279:135158, doi:10.1016/j.ijbiomac.2024.135158.
- Wang, Y, Lv, Y, Han, T, Liu, Y & Jiang, Y 2025, 'Post-harvest quality changes and molecular responses of epidermal wax in "Munage" grapes with *Botrytis cinerea* Infection', *International Journal of Molecular Sciences*, 26(8):3468, doi:10.3390/ijms26083468.
- Wang, Y, Yan, Z, Tang, W, Zhang, Q, Lu, B, Li, Q & Zhang, G 2021, 'Impact of chitosan, sucrose, glucose, and fructose on the postharvest decay, quality, enzyme activity, and defense-related gene expression of strawberries', *Horticulturae*, 7(12):518, doi:10.3390/horticulturae7120518.
- Wu, K, Yan, Z, Wu, Z, Li, J, Zhong, W, Ding, L, Zhong, T & Jiang, T 2024, 'Recent advances in the preparation, antibacterial mechanisms, and applications of chitosan', *Journal of Functional Biomaterials*, 15(11):318, doi:10.3390/jfb15110318.
- Zhang, D, Wang, H, Hu, Y & Liu, Y 2015, 'Chitosan controls postharvest decay on cherry tomato fruit possibly via the mitogen-activated protein kinase signaling pathway', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(33):7399–7404, doi:10.1021/acs.jafc.5b01566.