

PERUBAHAN MUTU BUAH TOMAT (*Solanum lycopersicum*) DENGAN PELAPISAN BERBASIS KITOSAN-BEESWAX DAN NANOPARTIKEL ZnO SELAMA PENYIMPANAN

**Setyadi Gumanan^{1)*}, Friska Tania Hutabarat¹⁾
Hadi Yusuf Faturochman²⁾, Edy Tya Gullit Duta Pamungkas³⁾**

^{1)*} Teknik Biosistem, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera,

²⁾ Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi dan Bisnis, Universitas Bakti Tunas Husada,

³⁾ Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi dan Sains, Universitas PGRI Wiranegara.

Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan 35365, Indonesia

*Email Korespondensi: setyadi.gumanan@tbs.itera.ac.id

ABSTRACT

Tomatoes are an agricultural commodity that will experience an increase in respiration rate and ethylene production after harvesting. Chitosan-beeswax and NP-ZnO can retain the soluble solids of the fruit, inhibit respiration, and exhibit antibacterial properties, making them suitable as a coating material. This study aims to investigate the effect of chitosan-beeswax coating with the addition of ZnO nanoparticles on the quality changes of tomato fruits during storage. Coating tomato fruits with the spray method using 3% chitosan-beeswax and 3% NP-ZnO addition resulted in a weight loss value of 4.98% on the 10th day, while the control group had the highest weight loss value at 8.57%. The hardness of the control tomato fruits had the highest value at 7.72 N, whereas the 3% chitosan-beeswax treatment with 3% NP-ZnO addition exhibited a hardness of 9.64 N on the 10th day of storage. The research findings indicate that the addition of chitosan-beeswax and NP-ZnO can maintain the hardness and reduce weight loss in tomato fruits.

Key Words: Coating, Chitosan, Beeswax, NP-ZnO, Storage

PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu produk pertanian hortikultura yang masih melakukan proses metabolisme setelah panen. Kualitas buah yang baik bergantung pada daya tarik eksternal (misalnya warna, bentuk, ukuran), kekerasan dan umur simpan buah. Buah tomat memiliki manfaat kesehatan bergantung pada komposisi vitamin dan senyawa antioksidan likopen, β -karoten, asam askorbat dan polifenol serta mineral kalium, kalsium, fosfor, magnesium (Burton-Freeman & Reimers, 2011). Tomat tergolong buah klimakterik yang dimana terjadi peningkatan respirasi dan produksi etilen bersamaan dengan pematangan, pelunakan daging dan perubahan warna buah (Schwarz & Dorais, 2018). Peningkatan produksi etilen pada buah menyebabkan buah cepat membusuk (Kalsum et al., 2018).

Coating sebagai lapisan tipis yang diaplikasikan pada permukaan buah untuk menghasilkan penghalang parsial terhadap pergerakan air sehingga dapat

mengurangi kelembaban permukaan buah dan modifikasi atmosfer di sekitar buah dengan bertindak sebagai penghalang pertukaran gas (Jongsri et al., 2016) *Coating* buah biasanya terbuat dari bahan polisakarida, protein, lipid, atau kombinasinya. Saat ini kitosan merupakan polisakarida yang banyak digunakan sebagai bahan pelapis karena kemampuannya untuk menghambat kehilangan air (Vakili et al., 2014) menghambat pencoklatan (Shi et al., 2013) dan menekan pertumbuhan jamur (Obianom et al., 2018). Lapisan polisakarida semakin berkembang karena diterapkannya teknologi nano, penggabungan nanopartikel ZnO dalam kitosan dan *beeswax* mampu menjaga kualitas jambu kristal selama penyimpanan (Yolanda et al., 2021).

Polimer kitosan dapat mempertahankan TPT (Total Padatan Terlarut) buah tomat pada penyimpanan ke-10 sebesar 36,02% dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang mengalami penurunan sebesar 28,95% (Novita et al., 2012). Penambahan 4% *beeswax* pada film komposit kitosan terbukti dapat mempertahankan mutu buah jambu kristal (Yolanda et al., 2021). Sifat penghalang air yang rendah pada kitosan menjadi alasan utama mengapa kitosan tidak dapat menjadi bahan pelapis tunggal (Nandiwilastio et al., 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana perubahan mutu buah tomat selama penyimpanan dengan pelapisan nanokomposit berbasis kitosan-*beeswax* yang diperkaya dengan nanopartikel ZnO.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan pada bulan Mei 2023.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat untuk penelitian menggunakan kompresor udara (Imola 123), *Spray* (Sagola F75G), *Ultra Turrax* (IKA, T25), Refraktometer (H196801, Hana), Colorimeter (WR10, FRU), *Hotplate Stirrer* DMSH-20D (EMCLAB), dan Timbangan Analitik ATX224R (Shimadzu), *Fruit Hardness Tester* FR-5120 (Lutron).

Buah tomat dengan tingkat kematangan 5 (*Red Light*), bubuk kitosan (PT Biotech Surindo, Indonesia), *beeswax*, NP-ZnO ukuran partikel rata-rata 20 nm (Wako, Jepang), span 60 dan tween 60 (Brataco, Indonesia), gliserol (Brataco, Indonesia).

Pembuatan Larutan Emulsi *Beeswax*

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang dijelaskan dalam penelitian Ramnanan-Singh (2012) Sebanyak 20,3 g *beeswax* diukur dan dilelehkan dengan menggunakan hotplate *stirrer* pada suhu 70 °C. Kemudian, sebanyak 29,8 g Tween 60 dan 10,9 gram span 60 yang sudah dilelehkan sebelumnya ditambahkan. Penambahan 140 mL akuades pada suhu 70 °C dilakukan secara bertahap hingga mencapai pencampuran yang merata. Selanjutnya, homogenisasi dilakukan dengan menggunakan *ultra turrax* pada kecepatan 8500 rpm selama 15 menit.

Pembuatan Larutan

Proses pembuatan larutan *coating* dimodifikasi dari penelitian (Meindrawan *et al.*, 2016). Nanopartikel ZnO 3% (b/b kitosan) dilarutkan kedalam aquades dan dicampur pada larutan kitosan menggunakan *ultra turrax* sampai larut. Larutan kitosan 1% di campur dengan larutan CH₃COOH 1% diaduk menggunakan *hotplate* hingga larutan mencapai 60 °C kemudian ditambahkan 0,5% gliserol (v/v) dan larutan emulsi *beeswax* dengan konsentrasi berbeda 1% (KZB1), 2% (KZB2) dan 3% (KZB3) sampai larut sempurna. Larutan kitosan (K) digunakan sebagai kontrol.

Aplikasi Pelapisan

Buah tomat yang sudah di panen dilakukan proses pembersihan, sortasi dan grading. Pengaplikasian larutan pada buah menggunakan metode *spray* keseluruhan area permukaan buah dan dikeringkan menggunakan kipas.

Penyimpanan

Penyimpanan dilakukan menggunakan suhu ruang 27-28 °C menggunakan RH 68-70%. Parameter yang diukur adalah susut bobot, total padatan terlarut, kekerasan dan warna buah. Analisis dilakukan setiap 2 hari sekali selama 10 hari dimana setiap satu parameter dilakukan 3 kali pengulangan.

Analisis Susut Bobot

Untuk mengukur susut bobot, dihitung selisih antara berat awal dan berat akhir buah, hasilnya dibagi dengan berat awal buah tomat. Susut bobot buah dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Analisis Total Padatan Terlarut

Pengukuran (TPT) Total Padatan Terlarut dilakukan dengan alat refraktometer. Buah tomat dibelah menjadi dua bagian pada sisi kanan dan kiri, kemudian dihaluskan dengan mortar dan alu untuk mendapatkan sari buah. Sari buah yang diperoleh kemudian diteteskan di atas kaca objek. Nilai total padatan terlarut (TPT) dapat terbaca pada layar dalam satuan °Brix.

Analisis Kekerasan

Pengukuran kekerasan buah dilakukan dengan alat *Fruit Hardness Tester* (FRTP-3mm). Nilai dihitung dari pangkal, tengah dan ujung buah yang didapatkan dari nilai maksimum rata-rata yang didapat.

Analisis Warna

Pengukuran warna menggunakan alat *Colorimeter* (WR10), nilai warna melalui koordinat L*, a*, dan b*. Nilai warna didapatkan dari rata-rata 3 titik yaitu pangkal, tengah, dan ujung buah.

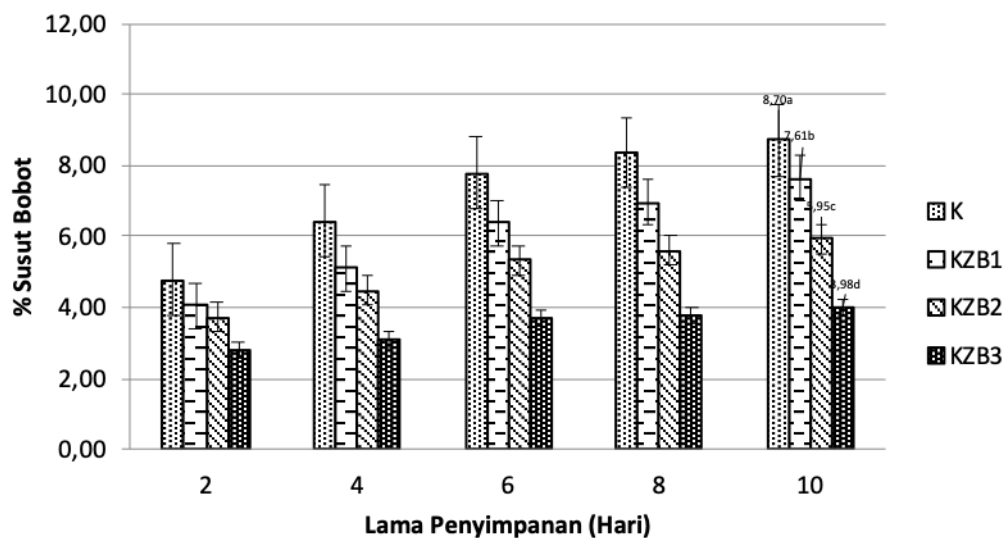
Analisis Data

Analisi data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor untuk mengolah data penelitian. Faktor utama yaitu larutan Kitosan-*Beeswax* konsentrasi 1%, 2%, 3% dengan penambahan nanopartikel ZnO sebanyak 3%. Pengolahan data dilakukan melalui analisis (ANOVA) dengan tingkat signifikansi sebesar 5%, menggunakan perangkat lunak SPSS versi 27.0 kemudian dilanjut uji Duncan *Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut Bobot

Setelah panen buah tetap akan mengalami proses metabolisme. Proses ini mengakibatkan buah kehilangan air sehingga susut bobot akan berkurang. Pada penelitian dapat dilihat bahwa hasil data pada perlakuan pelapisan buah tomat cenderung meningkat seperti pada Gambar 1.

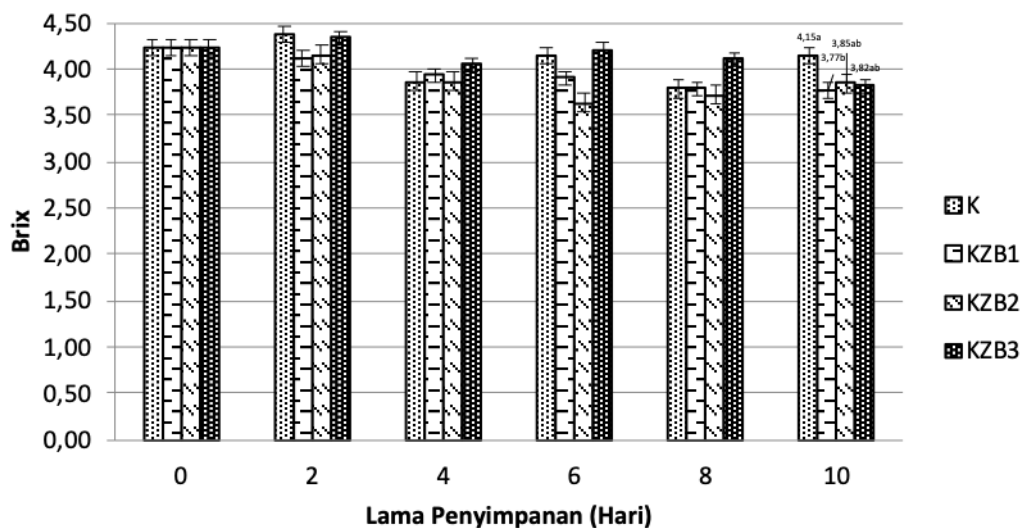


Gambar 1. Susut bobot buah tomat selama penyimpanan suhu ruang 27-28°C (Keterangan K= Kitosan KZB1= Kitosan+ZnO+Beeswax 1%, KZB2= Kitosan+ZnO+Beeswax 2%, KZ3= Kitosan+ZnO+Beeswax 3%)

Dari hasil penelitian pelapisan dengan menggunakan kitosan-*beeswax* dan pencampuran NP-ZnO 3% dapat menurunkan susut bobot buah tomat jika dibandingkan dengan kontrol. Pada hari ke-10 sampel kontrol memiliki berat 8,20%. Konsentrasi kitosan yang tinggi akan membentuk suatu lapisan yang menutupi seluruh permukaan lapisan buah sehingga terjadi proses respirasi anaerobik, sehingga akan meminimalisir pelepasan CO₂ yang dihasilkan oleh proses respirasi. Buah tomat dengan dengan penambahan *beeswax* 1% mempunyai berat 7,61% sedangkan *beeswax* dengan konsentrasi 2% mempunyai susut bobot 5,95%, dan konsentrasi beeswax 3% mempunyai susut bobot sebesar 4,98%. Dari hasil data yang didapatkan menyatakan bahwa penambahan *beeswax* dapat menurunkan susut bobot buah tomat. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *beeswax* dapat menjaga keseimbangan hidrofilik-hodrofobik pelapis yang mengakibatkan peningkatan efektifitas dalam menekan kehilangan air (Lospiani et al., 2017). Penelitian Dhyan et al., (2014) menyatakan bahwa penambahan 4% *beeswax* pada pelapisan kitosan-*beeswax* jambu kristal dapat menurunkan nilai bobot menjadi 0,67%. Hasil penelitian Gumaran et al., (2020) menunjukkan bahwa pelapisan salak pondoh berbasis kitosan-*beeswax* dengan penambahan nanopartikel ZnO 3% mampu menekan susut bobot sebesar 12.72% selama 28 hari penyimpanan.

Total Padatan Terlarut

Selama penyimpanan, terjadi perubahan signifikan dalam total padatan terlarut pada buah tomat ($p>0,5$). Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi konsentrasi beeswax berpengaruh secara nyata terhadap kandungan total padatan terlarut dalam buah tomat. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2, buah tomat yang mengalami berbagai perlakuan dengan peningkatan kandungan beeswax terjadi penurunan total padatan terlarut pada hari ke-2 dan ke-4, namun mengalami peningkatan pada hari ke-6 dan ke-8. Pada hari ke-10, sampel kontrol memiliki nilai total padatan terlarut sebesar 4,15° Brix. Berdasarkan penelitian Ayu et al., (2020) menyatakan bahwa selama proses respirasi, oksigen diperlukan untuk mengurai gula dalam buah. Proses penguraian gula ini melibatkan pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana yang dioksidasi menjadi asam piruvat dan asam organik. Hal ini berdampak pada turunnya kadar gula dalam buah, serta proses aerobik mengubah asam piruvat dan asam organik menjadi CO_2 , air, dan energi sehingga terjadi pembentukan CO_2 , air, dan energi pada proses akhir penguraian.



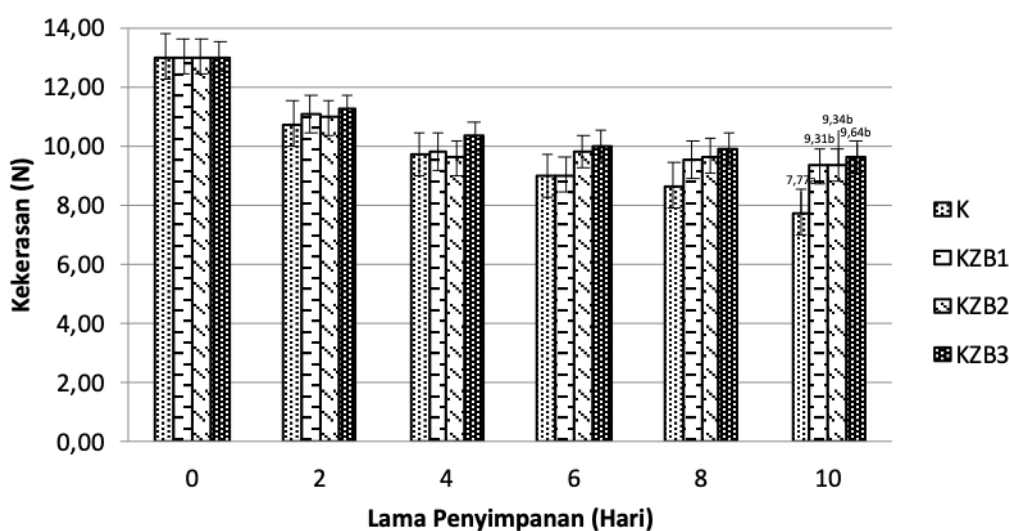
Gambar 2. Hasil data total padatan terlarut tomat selama penyimpanan suhu ruang 27-28°C (Keterangan K= Kitosan KZB1= Kitosan+ZnO+Beeswax 1%, KZB2= Kitosan+ZnO+Beeswax 2%, KZ3= Kitosan+ZnO+Beeswax 3%)

Total padatan terlarut pada buah akan terus meningkat selama masa penyimpanan yang diakibatkan dari proses pemecahan pati menjadi gula (Paull & Chen, 2003). Perombakan pati ini digunakan untuk menghasilkan energi pada saat respirasi. Penurunan nilai total padatan terlarut pada buah juga diakibatkan karena gula sederhana mengalami perombakan menjadi asam-asam organik dan

dirombak lagi menjadi senyawa volatil yang mengindikasikan *off flavor* (Utama et al., 2016).

Kekerasan

Semakin lamanya waktu penyimpanan kekerasan pada buah akan semakin mengalami penurunan. Hal ini diakibatkan karena proses respirasi dan transpirasi yang masih terus berlangsung sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan air pada buah secara signifikan. Kekerasan pada buah tomat menurun seiring dengan lamanya penyimpanan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil data kekerasan pada buah tomat selama penyimpanan suhu ruang 27-28°C (Keterangan K= Kitosan KZB1= Kitosan+ZnO+Beeswax 1%, KZB2= Kitosan+ZnO+Beeswax 2%, KZ3= Kitosan+ZnO+Beeswax 3%)

Dari hasil data dapat disimpulkan bahwa lapisan buah kontrol mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 7,77 N. Penurunan ini diakibatkan karena sifat kitosan adalah hidrofilik sehingga daya penghalang uap air pada buah rendah. Hal ini menyebabkan tekstur buah menjadi lunak karena bentuk sel dan tekanan isi sel pada dinding sel menurun (Santosa & Hulopi, 2011). Pada hari ke-10 buah yang dilapisi oleh *beeswax* 1% mengalami penurunan nilai kekerasan hingga 9,31 N. Buah tomat yang dilapisi oleh kitosan-*beeswax* 2% mengalami penurunan hingga 9,34 N dan buah yang dilapisi kitosan-*beeswax* 3% mengalami penurunan hingga 9,64 N. Pelunakan tekstur buah terjadi karena adanya perubahan polisakarida pada dinding sel, tekanan turgor, dan degradasi pati (Meindrawan et al., 2016). Menurut penelitian sebelumnya lemak dan polisakarida cukup efektif untuk menahan proses pelunakan pada buah (Moalemiyan et al., 2012). Menurunnya nilai kekerasan pada

buah tomat dikarenakan adanya degradasi atau penghancuran lamella pada dinding sel dari sel-sel *cortical parenchyma* (Abdi et al., 2017). Penambahan *beeswax* pada pelapisan buah dapat membantu mengurangi penurunan nilai kekerasan pada buah. Hal ini bisa terjadi karena *beeswax* adalah lilin yang mempunyai sifat hidrofilik, sehingga mampu menjaga kadar air ada buah atau dapat menahan migrasi air ke lingkungan. Pelapisan menggunakan *beeswax* mampu memperlambat proses pelunakan dengan cara memperlambat proses masuknya uap air ke dalam daging buah (Moalemiyan et al., 2012)

Warna

Warna adalah komponen luar atau fisik yang dapat menentukan penerimaan konsumen terhadap produk. Hasil dari pengukuran warna dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran warna buah tomat selama penyimpanan

Nilai	Hari	Perlakuan			
		K	KZB1	KZB2	KZB3
L	0	41,64	41,64	41,64	41,64
	2	39,96	41,19	42,14	41,13
	4	39,97	41,63	40,64	40,82
	6	38,96	41,84	43,16	40,86
	8	39,81	40,85	42,76	40,92
	10	39,48	40,28	42,00	40,58
*a	0	17,77	17,77	17,77	17,77
	2	17,02	17,27	15,81	16,84
	4	16,80	17,29	16,65	18,09
	6	17,63	18,22	16,86	17,16
	8	19,28	19,19	17,85	21,60
	10	19,50	19,25	18,87	19,79
*b	0	21,91	21,91	21,91	21,91
	2	23,48	24,17	21,72	22,60
	4	23,66	22,59	22,28	24,40
	6	25,31	24,17	22,47	22,19
	8	25,90	25,16	23,48	25,27
	10	27,17	26,02	25,12	24,63

Nilai L* menyatakan tingkat terang atau gelap pada buah, dimana semakin tinggi nilai L* maka semakin tinggi pula tingkat kecerahannya. Nilai a* menyatakan warna merah dan b* menyatakan intensitas kuning. Berdasarkan hasil analisis nilai L*, a*, b* buah yang dilapisi kitosan-*beeswax* dengan penambahan 3% NP-ZnO tidak berbeda nyata. Kitosan tidak mempengaruhi warna

dari lapisan film dikarenakan kitosan mempunyai warna bening jika dilihat secara visual. Peningkatan nilai a^* pada tomat menandakan bahwa warna pada tomat semakin merah. Pelapisan pada buah mampu menghambat degradasi klorofil pembentuk karoten karena pelapisan dapat menghambat terjadinya respirasi yang memicu terjadinya kematangan pada buah (Breemer et al., 2017) Degradasi klorofil sejalan dengan sintesis pigmen likopen yang menyebabkan buah menjadi kemerahan (Gumaran & Hutabarat, 2023)

KESIMPULAN

Pelapisan buah tomat dengan menggunakan kitosan-*beeswax* dengan penambahan NP-ZnO 3 % dapat menurunkan nilai susut bobot hingga mencapai 4,98% sedangkan sampel kontrol memiliki nilai susut bobot 8,20% pada penyimpanan ke-10. Begitu juga dengan nilai kekerasan pada buah dimana penambahan 3% *beeswax* dapat mempertahankan kekerasan buah sebesar 9,64% dibandingkan dengan nilai kekerasan pada sampel kontrol sebesar 7,72%. Penambahan *beeswax* pada penelitian kali ini mampu menghambat laju respirasi dan transpirasi pada buah tomat sehingga dapat mempertahankan mutu buah tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, Y. A., Rostiati, & Kadir, S. (2017). Mutu Fisik, Kimia dan Organoleptik Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Hasil Pelapisan Berbagai Jenis Pati Selama Penyimpanan. *E-J. Agrotekbis*, 5(5), 547–555.
- Ayu, D. F., Efendi, R., Johan, V. S., & Habibah, L. (2020). Penambahan Sari Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata*) Dalam Edible Coating Pati Sagu Meranti Terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi dan Kesukaan Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v12i1.15521>
- Breemer, R., Picauly, P., & Hasan, N. (2017). Pengaruh edible coating berbahan dasar pati sagu tuni (*Metroxylon rumphii*) terhadap mutu buah tomat selama penyimpanan. *Agrotekno, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6, 14. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2017.6.1.14>
- Burton-Freeman, B., & Reimers, K. (2011). Tomato Consumption and Health: Emerging Benefits. In *American Journal of Lifestyle Medicine* (Vol. 5, Issue 2, pp. 182–191). <https://doi.org/10.1177/1559827610387488>
- Dhyan, C., Sumarlan, S. H., & Susilo, B. (2014). Pengaruh Pelapisan Lilin Lebah dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kualitas Buah Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(1), 79–90.
-

- Gumaran, S., & Hutabarat, F. T. (2023). Aplikasi Pelapisan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) Berbasis Kitosan dengan Penambahan Nanopartikel ZnO. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 5(1), 20–26.
 - Gumaran, S., Sutrisno, N. F. N., & Iriani, E. (2020). Aplikasi Pelapisan Nanokomposit untuk Mempertahankan Kualitas Salak Pondoh (*Salacca edulis* Reniw). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17, 77. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n2.2020.77-87>
 - Jongsri, P., Wangsomboondee, T., Rojsitthisak, P., & Seraypheap, K. (2016). Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT - Food Science and Technology*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.038>
 - Kalsum, U., Sukma, D., & Susanto, S. (2018). Pengaruh kitosan terhadap kualitas dan daya simpan buah tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 2(2), 67–76. <https://doi.org/10.35760/jpp.2018.v2i2.2531>
 - Lospiani, N. P. N., Utama, I. M. S., & Pudja, I. A. (2017). Pengaruh lama waktu cekaman anaerobik dan konsentrasi emulsi lilin lebah sebagai bahan pelapis terhadap mutu dan masa simpan buah tomat. *Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 5(2), 9–19.
 - Meindrawan, B., EDhi Suyatma, N., Muchtadi, T. R., & Iriani, E. S. (2016). Aplikasi pelapis bionanokomposit berbasis karagenan untuk mempertahankan mutu buah mangga utuh. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 5(1), 89–98.
 - Moalemiyan, M., Ramaswamy, H., & Maftoonazad, N. (2012). Pectin-based edible coating for shelf-life extension of Ataulfo mango. *Journal of Food Process Engineering*, 35. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00609.x>
 - Nandiwilastio, N., Muchtadi, T. R., Suyatma, N. E., & Yuliani, S. (2019). Pengaruh penambahan lilin lebah dan nanopartikel seng oksida terhadap sifat fisik dan mekanis film berbasis kitosan. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 30(2), 119–126. <https://doi.org/10.6066/jtip.2019.30.2.119>
 - Novita, M., Rohaya, S., Etria Hasmarita, dan, Teknologi Hasil Pertanian, J., & Pertanian, F. (2012). Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*lycopersicum pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. In *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* (Issue 4).
 - Obianom, C., Romanazzi, G., & Sivakumar, D. (2018). Obianom C., Romanazzi G., Sivakumar D., 2019. Effects of chitosan treatment on avocado postharvest diseases and expression of phenylalanine ammonia-lyase, chitinase and lipoxygenase genes. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.10.004>
 - Paull, R., & Chen, C. C. (2003). Postharvest physiology, handling and storage of pineapple. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*, 253–279. <https://doi.org/10.1079/9780851995038.0253>
 - Ramnanan-Singh, R. (2012). *Formulation & Thermophysical Analysis of a Beeswax Microemulsion & The Experimental Calculation of its Heat Transfer Coefficient*. https://academicworks.cuny.edu/ccetds_theses/115Discoveradditionalworksat:hhttps://academicworks.cuny.edu
-

- Santosa, B., & 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.
- Schwarz, D., & Dorais, M. (2018). *Organic Tomato In: Tomato. Ed. Ep Heuvelink. CABI Intern.* (pp. 337–368).
- Shi, S., Wang, W., Liu, L., Wu, S., Wei, Y., & Li, W. (2013). Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 118(1), 125–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.029>
- Utama, I. G. M., Utama, I. made S., & Pudja, I. A. R. P. (2016). Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana. *Jurnal Biosistem Dan Teknik Pertanian*, 4(2), 81–92.
- Vakili, M., Rafatullah, M., Salamatina, B., Abdullah, A. Z., Ibrahim, M. H., Tan, K. B., Gholami, Z., & Amouzgar, P. (2014). Application of chitosan and its derivatives as adsorbents for dye removal from water and wastewater: A review. *Carbohydrate Polymers*, 113, 115–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.07.007>
- Yolanda, N., Khamidah, N., & Rizali, A. (2021). Teknologi Edible Coating Menggunakan Lilin Lebah (Beeswax) dan Kitosan. *Agroekotek View*, 4(2), 114–124.
-