

Perbandingan pelapisan *Chitosan* dan *Beeswax* terhadap kualitas Jeruk Keprok (*Citrus Reticulata* L.) akses K32 dan K10 di BSIP Jestro Kota Batu Jawa Timur

Nilta Ukkida Tamamiya

Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
e-mail: niltaukky@gmail.com

Kata Kunci:

Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* L.); Chitosan; Beeswax; kualitas; penyimpanan

Keywords:

Tangerines (*Citrus reticulata* L.); Chitosan; Beeswax; quality; storage

ABSTRAK

Salah satu komoditas produk hortikultura di Indonesia yang memiliki permintaan pasar tinggi adalah Jeruk Keprok. Kementerian pertanian menyebutkan bahwa produksi jeruk keprok pada tahun 2014 dapat mencapai 92% dari total hasil produksi jeruk seluruhnya. Sejalan dengan hal tersebut, penanganan saat proses pemanenan maupun penyimpanan harus diperhatikan agar kualitas buah tetap terjaga. Salah satu cara untuk menjaga kualitas buah jeruk adalah dengan memberi pelapis chitosan dan beeswax pada permukaan kulitnya. Tujuan dari pelapisan ini adalah agar kualitas buah dapat lebih baik dan memiliki masa simpan yang lebih lama. Penelitian ini menggunakan RAK Faktorial

menggunakan perlakuan chitosan 1,5% dan beeswax 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jeruk keprok (aksesi K32 dan K10) yang dilapisi beeswax memiliki persentase penurunan susut bobot, diameter dan tinggi yang lebih rendah dibandingkan yang dilapisi chitosan. Dengan demikian, bahan pelapis terbaik adalah beeswax 6%. Selama penyimpanan, buah jeruk keprok (aksesi K32 dan K10) mengalami trend perubahan warna menjadi semakin terang (Degreening pada suhu ruang). Buah jeruk keprok yang disimpan dengan pelapis chitosan memiliki kulit yang lebih mengkilap, sedangkan buah yang dilapisi beeswax terlihat lebih kusam. Salah satu hal yang menjadi masalah saat penyimpanan adalah adanya jamur (green molds) yang tumbuh lebih banyak pada jeruk keprok akses K10 yang menyebabkan pembusukan.

ABSTRACT

One of the horticultural product commodities in Indonesia which has a high market demand is Tangerines. The Ministry of Agriculture stated that the production of tangerines in 2014 could reach 92% of the total production of all oranges. In line with this, handling during the harvesting and storage processes must be considered so that the quality of the fruit is maintained. One way to maintain the quality of citrus fruits is to apply a coating of chitosan and beeswax on the surface of the peel. The purpose of this coating is so that the quality of the fruit can be better and have a longer shelf life. This study used Factorial RAK using 1.5% chitosan and 6% beeswax treatment. The results showed that tangerines (accessions K32 and K10) covered with beeswax had a lower proportion of reduction in weight loss, diameter and height than those covered with chitosan. Thus, the best coating material is 6% beeswax. During storage, tangerine fruit (accessions K32 and K10) experienced a trend of changing color to become lighter (degreening at room temperature). Tangerine fruit stored with chitosan coating has a more glossy skin, while the beeswax-coated fruit looks duller. One of the things that became a problem during storage was the presence of fungus (green mold) which grew more on the K10 accession tangerines which caused rot.

Pendahuluan

Salah satu komoditas hortikultura di Indonesia adalah buah jeruk. Buah jeruk merupakan sumber vitamin yang berguna bagi tubuh serta memiliki peranan yang



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

penting dalam meningkatkan perekonomian Negara. BALITBANGTAN (2009) menyebutkan bahwa Indonesia saat ini menjadi Negara degan pengimpor buah jeruk terbanyak kedua di ASEAN setelah Negara Malaysia (Lodong et al., 2023). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian pada tahun 2016 juga memperkirakan jumlah produksi jeruk pada tahun 2016 adalah sebesar 2,64 juta ton dan hingga pada tahun 2020 diperkirakan akan terus meningkat jumlah produksinya yaitu sebesar 3,25 juta ton. Produksi buah jeruk pada tahun 2016-2020 diperkirakan memiliki rerata peningkatan sebanyak 4,39% per tahun. Jenis jeruk yang memiliki hasil produksi paling banyak menurut data Kementerian Pertanian tahun 2014 adalah jeruk keprok yang produksinya dapat mencapai 92% dari total hasil produksi buah jeruk seluruhnya

Jeruk keprok merupakan salah satu produk hortikultura yang memiliki sifat *perishable* (mudah rusak). Sifat yang dimiliki oleh jeruk keprok ini terjadi karena buah tersebut memiliki kandungan air yang cukup banyak dan setelah dipanen akan tetap mengalami proses respirasi dan transpirasi. Banyaknya kandungan air di dalamnya menyebabkan jeruk keprok menjadi mudah busuk apabila tidak ditangani dengan tepat. Masalah ini dapat menyebabkan pengerutan pada kulit buah sehingga buah menjadi tidak menarik, terjadi penurunan susut bobot, penurunan nilai gizi dan pembusukan (Artha Gautama et al., 2019).

Produksi jeruk keprok berjalan beriringan dengan permintaan pasar yang meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini harus diimbangi dengan mutu dan kualitas buah yang baik dan layak dikonsumsi meskipun telah disimpan beberapa hari. Salah satu cara agar jeruk keprok tidak mengalami penurunan mutu dan kualitas selama penyimpanan adalah dengan memberi pelapisan pada bagian permukaan kulitnya. Pelapisan ini dapat dilakukan dengan menggunakan bahan yang aman seperti *chitosan* dan *beeswax*. Proses pelapisan ini bertujuan untuk memperpanjang umur simpan serta menjaga mutu dan kualitas buah jeruk keprok, salah satunya adalah memperbaiki penampilan buah, karena sejatinya buah tersebut memiliki sifat *perishable*. Dengan demikian, penelitian ini penting untuk dilakukan dengan harapan buah jeruk keprok yang dilapisi oleh *chitosan* dan *beeswax* memiliki kualitas yang lebih baik dan masa simpan yang lebih lama (Megasari & Mutia, 2019).

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 22 Juni - 28 Juli 2023 di Laboratorium Terpadu BSIP Jestro Kota Batu. Penelitian ini menggunakan RAK Faktorial dengan perlakuan *Chitosan* 1,5% dan *Beeswax* 6%. Masing-masing perlakuan terdapat 15 buah jeruk keprok (aksesi K32 dan K10) dengan 5 kali pengamatan. Parameter penelitian yang diukur adalah susut bobot, diameter dan tinggi buah, warna buah dan kualitas buah selama penyimpanan.

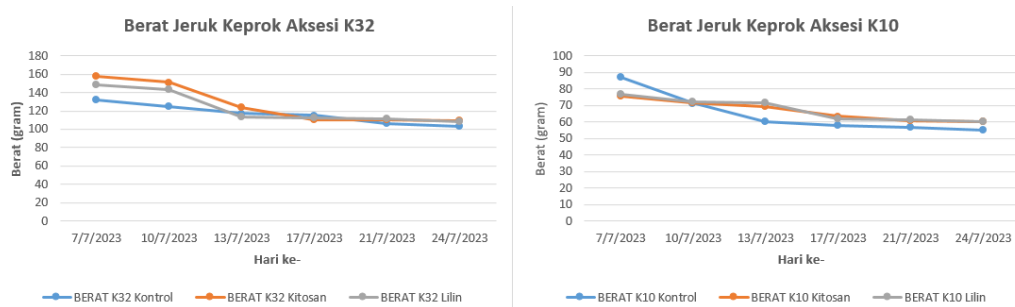
Pembahasan

Susut Bobot

Penyimpanan buah jeruk keprok tanpa pelapis, dengan pelapis *chitosan* dan *beeswax* berpengaruh terhadap susut bobot buah jeruk keprok aksesori K32 dan K10 (Gambar 1). Kesegaran buah jeruk keprok ini dapat dilihat dari perubahan bobotnya. Rerata laju penyusutan bobot buah jeruk keprok yang disimpan tanpa pelapis

menunjukkan laju penyusutan yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan buah yang disimpan dengan diberi pelapis *chitosan* maupun *beeswax* (Gambar 1).

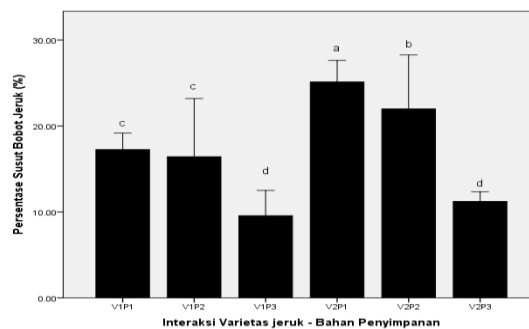
Gambar 1. Rerata berat buah jeruk keprok a) Aksesii K32 b) Aksesii K10



Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin hari susut bobot buah jeruk keprok semakin meningkat. Susut bobot yang semakin meningkat ini sejalan dengan semakin lamanya buah tersebut disimpan (Gambar 1). Grafik di atas menunjukkan bahwa buah yang disimpan tanpa pelapis mengalami penurunan berat yang lebih cepat dibandingkan dengan yang diberi pelapis *chitosan* maupun *beeswax*.

Susut bobot pada perlakuan *chitosan* (Jeruk keprok aksesii K32) memiliki perubahan terbesar yang terjadi pada hari ke-6 yaitu sebesar 17,88%. Sementara itu, pada perlakuan *beeswax* memiliki perubahan terbesar yang juga terjadi pada hari ke-6 yaitu sebesar 21,34%. Susut bobot pada perlakuan *beeswax* (Jeruk keprok aksesii K10) memiliki perubahan terbesar yang terjadi pada hari ke-9 yaitu sebesar 8,65%. Sementara itu, pada perlakuan *beeswax* memiliki perubahan terbesar yang juga terjadi pada hari ke-9 yaitu sebesar 13,48%. Penyusutan bobot sendiri dapat terjadi karena adanya interaksi antara varietas dengan bahan pelapis yang digunakan selama 15 hari penyimpanan (Gambar 2).

Gambar 2. Interaksi varietas dengan bahan pelapis terhadap susut bobot jeruk keprok aksesii K32 dan K10



Hasil uji Duncan (Gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara varietas jeruk dengan bahan penyimpanan yang digunakan terhadap susut bobot buah jeruk keprok. Interaksi antara varietas 1 (Jeruk Keprok Aksesii K32) dan varietas 2 (Jeruk Keprok Aksesii K10) dengan bahan pelapis 3 (*Beeswax*) berturut-turut menunjukkan persentase susut bobot yang paling rendah yaitu 9,56% (V1P3) dan 11,22% (V2P3). Hal ini berbeda nyata dengan interaksi antara kedua varietas dengan yang tanpa pelapis maupun pelapis *chitosan*.

Interaksi antara varietas 1 dan 2 dengan pelapis *chitosan* menunjukkan persentase susut bobot yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan interaksi antara varietas 1 dan 2 dengan pelapis *beeswax*. Interaksi antara varietas 1 dengan *chitosan* memiliki persentase sebesar 16,42%, sedangkan interaksi antara varietas 2 dengan *chitosan* memiliki persentase sebesar 21,98%. Sementara itu, buah jeruk keprok baik varietas 1 maupun 2 yang disimpan tanpa menggunakan pelapis menunjukkan persentase susut bobot yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan buah jeruk keprok yang disimpan dengan pelapis baik *chitosan* maupun *beeswax*. Jeruk keprok aksesori K32 memiliki persentase susut bobot sebesar 17,26%, sedangkan jeruk keprok aksesori K10 memiliki persentase susut bobot sebesar 25,12%.

Susut bobot pada bahan pangan seperti halnya kehilangan air. Hal ini dikarenakan komponen pada buah seperti aroma, flavor maupun gas mengalami respirasi. Kehilangan susut bobot dalam hal ini juga dapat dikatakan sebagai kehilangan air. Proses ini sebagian besar disebabkan oleh adanya transpirasi dan respirasi yang terus berlanjut. Kehilangan susut bobot ini sendiri akan menjadikan bahan pangan menjadi mengerut (*wrinkling*), pelunakan jaringan, kehilangan kecerahan dan mudah rusak (Lin et al., 2018).

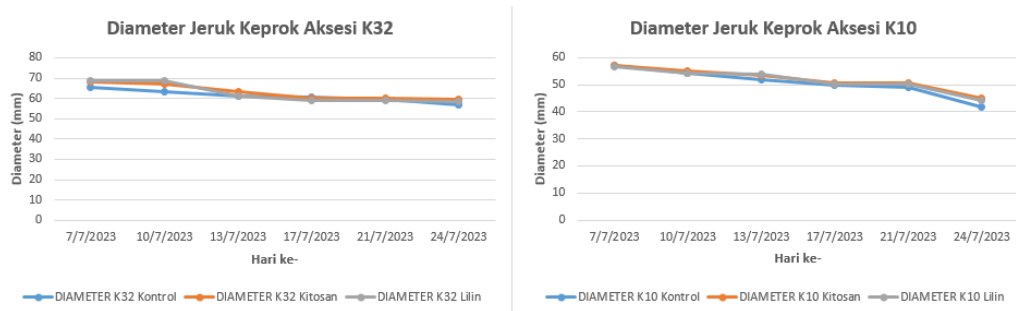
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jeruk keprok Aksesori K10 memiliki persentase susut bobot yang lebih tinggi dibandingkan jeruk keprok aksesori K32. Hal ini dapat terjadi karena ciri morfologi dari jeruk keprok aksesori K10 yang memiliki permukaan kulit lebih kasar dan pori-pori yang lebih besar daripada jeruk keprok aksesori K32. Selain itu, ukuran jeruk keprok aksesori K10 juga lebih kecil daripada jeruk keprok aksesori K32. Hal ini selaras dengan penjelasan (Sudjatha & Wisaniyasa, 2017) bahwa beberapa faktor internal yang menyebabkan susut bobot buah jeruk keprok aksesori K10 lebih besar adalah karena ukuran buah, pelapis alami dan jenis jaringan.

Ukuran buah jeruk keprok aksesori K10 lebih kecil daripada K32, sehingga menyebabkan persentase susut bobot lebih besar. Produk yang lebih kecil pada umumnya memiliki laju respirasi yang lebih besar daripada produk yang besar. Hal ini dapat terjadi karena jeruk keprok aksesori K10 memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada jeruk keprok aksesori K32, sehingga lebih banyak permukaan yang bersentuhan dengan udara. Dengan demikian, maka akan lebih banyak oksigen yang berdifusi ke dalam jaringan (Sudjatha & Wisaniyasa, 2017).

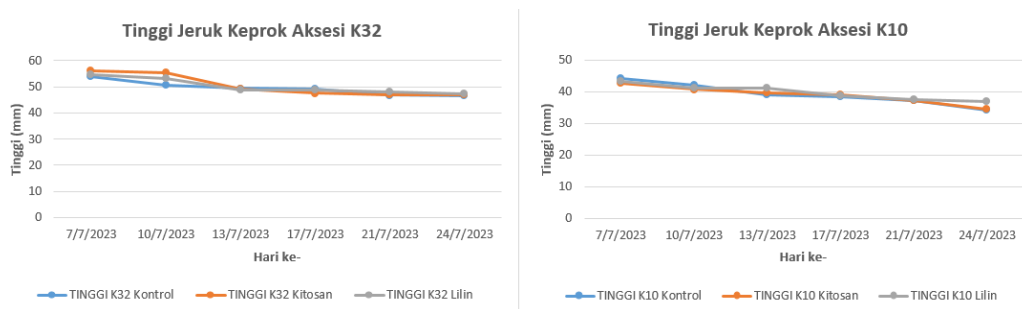
Diameter dan Tinggi Buah

Diameter dan tinggi buah jeruk keprok merupakan salah satu hal yang penting dalam mengetahui mutu dan kualitas buah. Penurunan diameter buah selama 15 hari penyimpanan juga berkaitan dengan peningkatan susut bobot. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa buah yang disimpan tanpa pelapis memiliki penurunan diameter dan tinggi buah yang lebih besar jika dibandingkan dengan buah yang diberi pelapis *chitosan* maupun *beeswax* (Gambar 3 dan 4).

Gambar 3. Rerata diameter buah jeruk keprok a) aksesii K32 b) aksesii K10

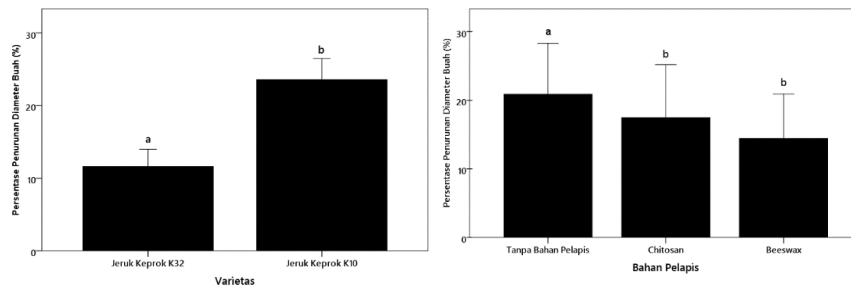


Gambar 4. Rerata tinggi buah jeruk keprok a) aksesii K32 b) aksesii K10

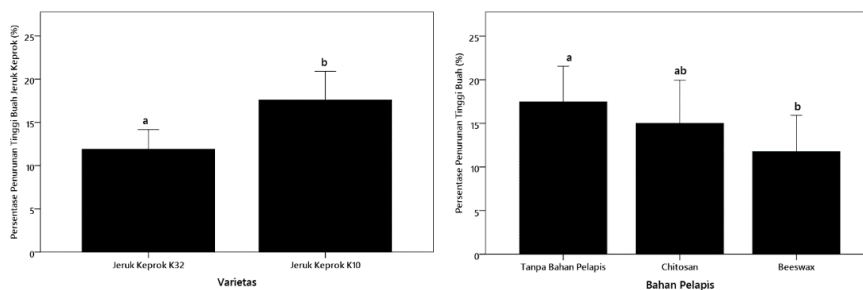


Penurunan diameter dan tinggi jeruk keprok aksesii K32 dan K10 selama penyimpanan dipengaruhi oleh varietas dan bahan pelapis yang digunakan selama penyimpanan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.

Gambar 5. Penurunan diameter buah jeruk keprok a) aksesii K32 b) aksesii K10



Gambar 6. Penurunan tinggi buah jeruk keprok a) aksesii K32 b) aksesii K10



Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara varietas dengan bahan pelapis terhadap penurunan diameter dan tinggi buah jeruk keprok selama 15 hari penyimpanan, sehingga terdapat dua diagram yang berbeda. Hasil pengamatan (Gambar 5 dan 6) menunjukkan bahwa jeruk keprok aksesii K32 memiliki



















persentase penurunan diameter dan tinggi yang lebih rendah dibandingkan jeruk keprok aksesori K10. Sementara itu, jeruk keprok aksesori K32 dan K10 memiliki penurunan diameter dan tinggi dari yang paling rendah ke yang paling tinggi berturut-turut adalah yang dilapisi dengan *beeswax*, *chitosan* dan tanpa pelapis.

Jeruk keprok aksesori K10 memiliki persentase penurunan diameter dan tinggi yang lebih besar. Hal ini dikarenakan jeruk ini memiliki ciri yaitu permukaan kulit buah yang kasar dan pori-pori yang besar. Permukaan kulit yang kasar dan pori-pori yang besar ini menyebabkan laju respirasi menjadi lebih tinggi, sehingga diameter buah mengalami penurunan selama penyimpanan (Sudjatha & Wisaniyasa, 2017).

Warna Buah
















Perubahan warna kulit buah pada jeruk keprok merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan saat pengamatan. Hal ini dikarenakan warna jeruk merupakan salah satu kualitas utama yang terdiri atas akumulasi karotenoid dan derivatif C30 *apocarotenoids*. Hasil pengamatan perubahan warna kulit buah jeruk keprok aksesori K32 dan K10 disajikan pada tabel (1 dan 2). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan, maka kulit buah jeruk keprok aksesori K32 berwarna semakin terang, baik pada jeruk keprok tanpa pelapis maupun jeruk keprok yang diberi perlakuan *chitosan* dan *beeswax*.

Tabel 1. Perubahan warna buah jeruk keprok aksesori K32

No.	Tanggal	Kontrol	Chitosan	Lilin
1.	07/07/2023			
2.	10/07/2023			
3.	13/07/2023			
4.	17/07/2023			
5.	21/07/2023			
6.	24/07/2023			

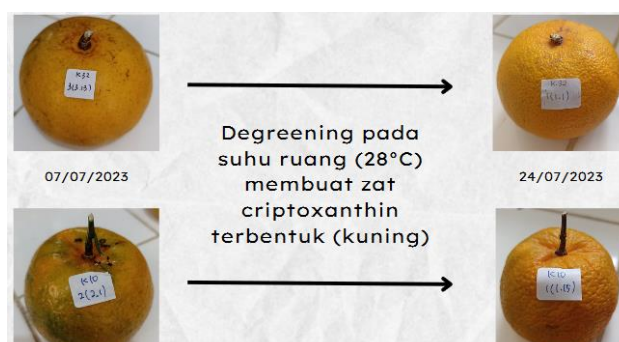
Tabel 2. Perubahan warna buah jeruk keprok aksesori K10

No.	Hari ke-	Kontrol	Chitosan	Lilin
1.	07/07/2023			

2.	10/07/2023			
3.	13/07/2023			
4.	17/07/2023			
5.	21/07/2023			
6.	24/07/2023			

Penyimpanan jeruk keprok aksesori K32 dan K10 pada suhu ruang menyebabkan perubahan warna pada kulit buahnya. Perubahan warna tersebut menjadi lebih kuning/jingga terang (Gambar 7). Hal ini sesuai dengan pernyataan (Muthmainnah et al., 2015) bahwa *degreening* pada suhu ruang 28-29 °C dapat membuat zat warna *criptoxanthin* terbentuk, sehingga seringkali jeruk yang dihasilkan berwarna kuning. Perubahan warna yang terjadi pada buah jeruk keprok juga disebabkan karena degradasi klorofil, sehingga warna kuning atau jingga terang dapat dihasilkan (Muthmainnah et al., 2015).

Gambar 7. Perubahan warna buah selama penyimpanan (Hari ke-0 dan Hari ke-15)



Perubahan warna kulit buah (*degreening*) jeruk keprok aksesori K32 dan K10 berhubungan dengan penurunan klorofil. Menurunnya kandungan klorofil pada buah jeruk keprok tersebut disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim klorofilase dan menurunnya ukuran serta jumlah kloroplas pada kulit jeruk. Perubahan warna dari hijau menjadi kuning atau jingga sangat berkaitan dengan degradasi klorofil dan biosintesis, dimana dalam hal ini terjadi sintesis karotenoid yang bersifat *nonphotosintetic* yaitu β -*citraurin* yang merupakan pembentuk warna jingga kemerahan pada kulit jeruk keprok (Musdalifah et al., 2016).

Kualitas Buah selama Penyimpanan

Penyimpanan buah jeruk keprok selama 15 hari menyebabkan terjadinya perubahan kualitas. Perubahan kualitas buah jeruk keprok dapat ditandai dengan adanya pengerutan, pembusukan, dan buah yang ditumbuhi oleh jamur. Buah jeruk keprok aksesori K32 yang disimpan selama 15 hari penyimpanan tanpa diberi pelapis

memiliki penampakan kulit luar yang tampak mengkilap. Hal ini dikarenakan sejatinya jeruk keprok aksesori K32 memiliki pelapis lilin alami untuk menekan proses respirasi yang terus berjalan. Sementara itu, jeruk keprok aksesori K32 yang diberi pelapis *chitosan* tampak memiliki permukaan kulit yang lebih mengkilap, sedangkan yang dilapisi *beeswax* tampak lebih kusam. Meskipun demikian, ternyata jeruk keprok yang dilapisi *chitosan* mengalami pengerutan yang terlihat jelas di daerah tangkai pada pengamatan ke-5 yaitu tanggal 24 Juli 2023 (Gambar 8).

Gambar 8. Penampakan luar buah dengan bahan pelapis yang berbeda a) *chitosan* b) *beeswax*



Jeruk keprok aksesori K10 yang disimpan selama 15 hari tanpa pelapis memiliki penampakan kulit luar yang tampak sedikit mengkilap. Hal ini dikarenakan jeruk keprok aksesori K10 tidak banyak memiliki pelapis lilin alami, permukaan kulit yang kasar dan pori-pori yang besar. Sementara itu, jeruk keprok aksesori K10 yang diberi pelapis *chitosan* tampak memiliki permukaan kulit yang lebih mengkilap, sedangkan yang dilapisi *beeswax* tampak lebih kusam. Meskipun demikian, ternyata jeruk keprok yang dilapisi *chitosan* mengalami pengerutan yang terlihat jelas di daerah tangkai pada pengamatan ke-5 yaitu tanggal 24 Juli 2023. Jeruk keprok aksesori K10 yang diberi pelapis *chitosan* ini pori-pori pada permukaannya jauh lebih terlihat jelas dibandingkan dengan jeruk keprok aksesori K32. Hal ini dikarenakan memang pada awalnya sebelum diberi pelapis *chitosan*, jeruk keprok aksesori K10 mempunyai ciri yaitu permukaan kulit yang kasar dan pori-pori yang besar (Gambar.8.).

Salah satu hal yang menjadi masalah saat penyimpanan adalah penurunan kualitas buah yang disebabkan oleh adanya jamur atau *green molds* oleh *Penicillium digitatum* (Gambar 9). *Penicillium digitatum* merupakan jamur yang menginfeksi buah melalui luka yang disebabkan oleh angin, hujan es dan serangga serta selama proses pemanenan, pengangkutan dan perawatan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa buah jeruk keprok aksesori K10 lebih banyak ditumbuhi oleh *green molds* daripada jeruk keprok aksesori K32. Hal ini dapat terjadi karena sejatinya jeruk keprok aksesori K10 memiliki pori-pori yang lebih besar daripada jeruk keprok aksesori K32. Hal ini selaras dengan pernyataan (Zhu et al., 2017) bahwa *Penicillium digitatum* menyebar melalui luka dan pori-pori ke sejumlah kelenjar minyak pada kulit buah, dimana didalamnya tersedia nutrisi untuk mendorong pertumbuhan spora.

Gambar 9. Green molds pada buah jeruk a) Aksesori K32 b) Aksesori K10

Kesimpulan dan Saran

Pelapisan *chitosan* dan *beeswax* berpengaruh terhadap daya simpan jeruk keprok aksesori K32 dan K10. Bahan pelapis terbaik pada jeruk keprok adalah *beeswax* 6%. Setelah dilakukan penyimpanan, susut bobot, diameter dan tinggi buah mengalami penurunan. Selain itu, pada saat penyimpanan buah jeruk keprok (aksesori K32 dan K10) ada yang mengalami pembusukan karena ditumbuhi oleh jamur (*green molds*) dan perubahan warna permukaan kulitnya berubah menjadi semakin terang (menguning). Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, karena keterbatasan waktu.

Daftar Pustaka

- Artha Gautama, Y., Efendi, D., & Derajat Matra, D. (2019). Aplikasi Ethepon dan Lilin Lebah dalam Upaya Degreening dan Perpanjangan Umur Simpan Buah Jeruk Keprok Garut (*Citrus reticulata* L.). *Buletin Agrohorti*, 7(3), 287–294. <https://doi.org/10.29244/agrob.v7i3.30193>
- Lin, M. G., Lasekan, O., Saari, N., & Khairunniza-Bejo, S. (2018). Efecto de los recubrimientos comestibles a base de *chitosano* y carragenano en los frutos de longan (*Dimocarpus longan*) después de la cosecha. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 490–497. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1414078>
- Lodong, A. T., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. (2023). Penentuan Mutu pada Citra Buah Jeruk Keprok menggunakan Metode Local Binary Pattern (LBP). 7(4), 1616–1622.
- Megasari, R., & Mutia, A. K. (2019). Pengaruh Lapisan Edible Coating *Chitosan* pada Cabai Keriting (*capsicum annum* l) dengan Penyimpanan Suhu Rendah. *J. of Agritech Science*, 3(2), 34–42.
- Musdalifah, N., Purwanto, Y. A., & Poerwanto, R. (2016). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Warna Jeruk Siam Pontianak Setelah Degreening. *Journal of Agro-Based Industry*, 33(1), 39–48.
- Muthmainnah, H., Poerwanto, R., & Efendi, D. (2015). Perubahan Warna Kulit Buah Tiga Varietas Jeruk Keprok dengan Perlakuan Degreening dan Suhu Penyimpanan. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.29244/jhi.5.1.10-20>
- Sudjatha, W., & Wisaniyasa, N. W. (2017). Fisiologi Dan Teknologi Pascapanen (Buah Dan Sayuran). In *Udayana University Press*.
- Zhu, C., Sheng, D., Wu, X., Wang, M., Hu, X., Li, H., & Yu, D. (2017). Identification of secondary metabolite biosynthetic gene clusters associated with the infection of citrus fruit by *Penicillium digitatum*. *Postharvest Biology and Technology*, 134, 17–21. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2017.07.011>