

Pengaruh Jenis Kemasan pada Perubahan Kualitas Salak Pondoh Banjarnegara dalam Bentuk Tandan Selama Transportasi dan Penyimpanan

(Type Packaging Effect on Quality Change of Banjarnegara Salak Pondoh in Bunch Form During Transportation and Storage)

Rafika Ratik Srimurni^{1*}, Indah Yuliasih², Emmy Darmawati³, Yenny Muliani⁴, Mega Herdiana¹

(Diterima November 2023/Disetujui Juli 2024)

ABSTRAK

Salak (*Salacca edulis* Reinw.) dalam bentuk tandan dapat menjadi daya tarik bagi konsumen karena memiliki bentuk yang unik. Penggunaan kemasan primer dan sekunder selama transportasi dapat mempertahankan mutu buah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kualitas buah salak tandan dalam kemasan meliputi kerusakan fisik, mekanis, kerusakan fisiologis dan mikrobiologis setelah transportasi dan selama penyimpanan. Buah salak tandan disimpan selama 22 hari, dengan pengamatan setiap 3 hari untuk menganalisis kerusakan buah, total padatan terlarut, perubahan susut bobot, dan kekerasan buah. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal, melibatkan 3 perlakuan jenis kemasan: peti kayu (K1), kardus tanpa busa jala (K2), dan kardus dengan busa jala (K3). Data dianalisis secara deskriptif, analisis varians, dan uji lanjut DMRT masing-masing pada taraf 5%. Kemasan primer efektif dalam mengurangi kerusakan mekanis buah setelah 13 jam transportasi, dengan kerusakan mekanis mencapai 0 (nol) karena kemasan pelindung (busa jala). Jenis kemasan yang digunakan berpengaruh signifikan terhadap perubahan kualitas buah selama penyimpanan, yaitu kerusakan fisik, fisiologis dan mikrobiologis, susut bobot, kekerasan, dan total padatan terlarut. Kemasan kardus dengan busa jala merupakan perlakuan terbaik, menunjukkan kerusakan fisiologis dan mikrobiologis yang rendah hingga hari ke-16 penyimpanan, yaitu sebesar 4,05, serta laju perubahan kualitas yang rendah selama 22 hari penyimpanan.

Kata kunci: salak tandan, penyimpanan, kemasan, mutu buah, transportasi

ABSTRACT

Salak (*Salacca edulis* Reinw.) in bunch form can be attractive to consumers because its own unique shape. The use of primary and secondary packaging can maintain fruit quality. This study aims to evaluate quality change of salak in bunches including physical damage, mechanical damage, physiological and microbiological damage. Salak bunches were stored for 22 days, with observations every 3 days to analyze fruit damage, TSS, weight loss, and fruit hardness. The study used a single-factor completely randomized design, involving 3 treatments: wooden crates (K1), cardboard without net foam (K2), and cardboard with net foam (K3). Data were analyzed descriptively, analysis of variance, and DMRT at the 5% level. Primary packaging was effective in reducing mechanical damage to fruit after 13 hours of transportation, with mechanical damage reaching 0 (zero) due to net foam. The type of packaging used had a significant effect on quality change of salak during storage, namely physical, physiological and microbiological damage, weight loss, hardness, and TSS. Cardboard packaging with net foam was the best treatment, showing low physiological and microbiological damage until the 16th day of storage, which amounted to 4.05, as well as a low rate of change in quality for 22 days.

Keywords: Salak bunches, storage, packaging, fruit quality, transportation

PENDAHULUAN

Salak dalam bentuk tandan memiliki masa simpan yang lebih lama dibandingkan dengan salak pipilan

¹ Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara, Jl. Soekarno Hatta No.530, Sekejati, Kec. Buahbatu, Bandung 40286

² Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁴ Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Nusantara, Universitas Islam Nusantara, Jl. Soekarno Hatta No.530, Sekejati, Kec. Buahbatu, Bandung 40286

* Penulis Korespondensi: E-mail: rafika.ratik@uninus.ac.id

(yang dapat berahan 6 hari) dan dapat mengurangi kerusakan buah selama pengiriman (Trisnawati & Rubiyo 2004), Salak tandan juga mampu menjaga kesegaran buah hingga 12 hari (Kris *et al.* 2013). Keunggulan lainnya adalah daya tarik yang tinggi bagi konsumen karena keunikan dan bentuknya yang khas. Hal ini merupakan peluang untuk mengembangkan cara penjualan salak dalam bentuk tandan.

Buah salak rusak selama distribusi, salah satunya karena petani kurang memperhatikan kemasan transportasi. Pengiriman salak *Sidimpuan* menggunakan kardus berkapasitas 10–11 kg mengalami kerusakan lebih kecil, yaitu 14,3% apabila

dibandingkan dengan penggunaan kemasan karung anyaman pandan (kapasitas 35–50 kg) mencapai 26,3–29,8% (Napitupulu *et al.* 2001). Hal ini sejalan dengan temuan Pathare & Opara (2014), bahwa kemasan kardus dapat mengurangi kerusakan mekanis saat transportasi karena dampak getaran dan beban kompresi. Selain itu, kemasan kardus juga sesuai dengan kriteria kemasan menurut Muharom *et al.* (2021), yaitu daya muat dan kemampuan untuk ditumpuk, memiliki permukaan halus, harga terjangkau, mudah dibentuk, dan sirkulasi udara dapat disesuaikan.

Kualitas mutu buah menurun selama penyimpanan setelah mengalami getaran/transportasi. Manurung *et al.* (2013) mengungkapkan perubahan mutu salak selama penyimpanan pada suhu ruang terjadi setelah 9 hari penyimpanan. Parameter mutu buah yang menurun ialah susut bobot, total padatan terlarut, dan kekerasan (Jung & Park 2012). Menurut Kays (1991), kerusakan yang terjadi pada pengemasan buah salak adalah kerusakan mikrobiologis dan kerusakan fisik seperti memar, goresan, retak/pecah, dan luka. Kerusakan fisik ini sering disebabkan oleh faktor-faktor seperti metode transportasi dan jenis kemasan yang digunakan. Kerusakan fisik ditandai oleh kulit yang pecah/terkelupas, memar dan luka pada buah yang disebabkan oleh benturan dan vibrasi selama transportasi, serta beban tekanan, varietas, karakteristik kulit, bobot dan ukuran buah, tingkat kematangan, dan kondisi lingkungan di sekitar buah.

Kemasan transportasi buah salak biasanya menggunakan keranjang bambu dengan kapasitas 5 kg, 10 kg, dan 20 kg. Pengemasan dilakukan dengan menempatkan buah salak tandan di tengah kemasan, kemudian buah salak pipilan diletakkan sekelilingnya. Kerusakan fisik yang terjadi dengan metode penyusunan ini lebih dibandingkan dengan metode penyusunan salak pipilan. Penelitian pasca transportasi dari Bali ke Malang, menunjukkan bahwa salak yang disusun dalam bentuk tandan yang dikemas menggunakan peti kayu mengalami kerusakan fisik sebesar 9,6%, sedangkan dalam bentuk pipilan mencapai 11,8%. Sedangkan untuk salak bali, setelah transportasi dari Yogyakarta ke Malang mengalami kerusakan fisik sebesar 6,3% dalam bentuk tandan, dan 6,5% dalam bentuk pipilan (Suhardjo *et al.* 1995).

Penjualan salak bentuk tandan menggunakan kemasan individu perlu dikembangkan karena selain umur simpan yang lebih lama dibanding dengan salak pipilan, keunikan dan estetika salak bentuk tandan menjadi daya tarik bagi konsumen. Salak bentuk tandan pada proses distribusi perlu dilindungi dengan cara mendesain kemasan, baik kemasan pelindung berupa busa jala (*net foam*), kemasan sebagai wadah individu berbahan karton gelombang (kemasan primer) dan kemasan distribusi (kemasan sekunder) sebagai wadah dari kemasan individu saat ditransportasikan. Kemasan salak tandan telah dirancang oleh Srimurni *et al.* (2018) dan hasilnya digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini difokuskan pada 2 hal. (1) Pengaruh

penggunaan kemasan yang dirancang terhadap perubahan kualitas buah salak dalam bentuk tandan pascatransportasi dan selama penyimpanan; (2) menentukan kemasan yang paling tepat untuk menekan perubahan mutu pascatransportasi dan selama penyimpanan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan pokok yang digunakan ialah salak pondoh organik Banjarnegara daerah atas dengan tingkat kematangan 75% s.d 80% (bobot salak 1–2 kg). Salak dipanen dalam bentuk tandan kelas AB (sedang) yang berjumlah 15–35 buah dalam satu tandan. Bahan penunjang yang digunakan ialah hasil penelitian Srimurni *et al.* (2018), yang terdiri atas busa jala sebagai kemasan pelindung, peti kayu, kemasan primer berbahan karton gelombang *flute C (single wall)* ukuran 160 mm x 160 mm x 185 mm, kemasan sekunder tipe *flute BC (double wall)* ukuran 501 mm x 341 mm x 286 mm (badan kemasan), dan 529 mm x 369 mm x 150 mm (kover kemasan), serta tali pandan sebagai tali kemasan primer.

Peralatan yang digunakan terdiri atas neraca digital, aplikasi vibrometer (pada telpon genggam Android), aplikasi *photoshop*, Precision Scientific Petroleum Instruments Digital Penetrometer Model 73500, refraktometer genggam ATAGO Master-500, kamera DSLR Sony DSC H300, *magicbox midio portable miniphoto studio* ukuran 40 cm x 25 cm x 25 cm, serta palet kayu ukuran 1,100 mm x 1,100 mm sebagai alas pengatur susunan kemasan sekunder pada alat transportasi.

Lokasi

Penelitian lapangan bertempat di Desa Gunung Giyana, Kecamatan Madukara, Kabupaten Banjarnegara, untuk penanganan pascapanen dan pengemasan salak pondoh tandan. Penelitian pascatransportasi dilakukan di Laboratorium Penyimpanan dan Pengemasan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menerapkan desain percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal. Percobaan menggunakan tiga perlakuan, yaitu K1 = peti kayu; K2 = kemasan kardus tanpa busa jala; dan K3 = kemasan kardus dengan busa jala.

Perlakuan diulang tiga kali dan 6 kali pengamatan (16 hari penyimpanan). Dengan demikian percobaan ini melibatkan 54 unit percobaan. Model umum dari rancangan percobaan RAL adalah:

$$Y_{ij} = \mu + K_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, t \quad \text{dan} \quad j = 1, 2, 3, \dots, r$$

Keterangan:

Y_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke- i dan

- ulangan ke-*j*
- μ = Rata-rata umum
- K_i = Pengaruh perlakuan ke-*i*
- ε_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke-*i* ulangan ke-*j*

Pengumpulan Data

Penelitian ini meliputi 2 (dua) tahap, yaitu (1) pengemasan dan transportasi; dan (2) analisis perubahan mutu buah salak setelah transportasi dan selama penyimpanan.

- Pengemasan dan transportasi. Transportasi untuk membawa salak dari Kabupaten Banjarnegara ke kampus IPB Dramaga menggunakan alat transportasi mobil boks selama 13 jam dan jarak 461 km dengan keadaan jalan di dalam kota dan arus lalu lintas lengang. Vibrasi selama transportasi ialah 5.5 MMI (cukup kuat). Kemasan salak tandan untuk sampel pengujian mutu salak selama penyimpanan memerlukan 8 boks kemasan sekunder atau 48 sampel kemasan primer. Kemasan sekunder disusun 2 tumpukan di atas palet ukuran 1,100 mm x 1,100 mm (Gambar 1).
- Analisis perubahan mutu buah. Perubahan mutu salak tandan ditetapkan secara non-destruktif (visual) dan secara destruktif. Mutu buah secara visual diukur untuk mengkaji kerusakan mekanis pascatransportasi, perubahan warna daging buah, dan susut bobot buah selama penyimpanan. Pengukuran secara destruktif dimaksudkan untuk mengkaji kerusakan fisiologis buah (TPT dan kekerasan). Pengamatan setiap 3 hari selama 16 hari penyimpanan (6 kali pengamatan).
- Pengukuran kerusakan buah. Kerusakan buah yang dianalisis dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu kerusakan mekanis, fisik, dan fisiologis. Kerusakan mekanis dilihat dari persentase buah rontok dari tandannya pascatransportasi, sedangkan kerusakan fisik berupa memar pada daging buah, dan kerusakan fisiologis ialah persentase buah busuk selama penyimpanan. Cara pengukuran ialah dengan membandingkan jumlah salak yang rusak dengan jumlah buah tiap tandan. Pengukuran ini bertujuan

menilai pengaruh penggunaan busa jala. Persentase kerusakan mekanis dihitung dengan persamaan:

$$Pr = (nr/nt) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- Pr = Persentase kerusakan buah
- nr = Jumlah buah rusak
- nt = Jumlah buah satu tandan

- Pengukuran perubahan mutu buah selama penyimpanan. Penurunan mutu dapat terjadi akibat reaksi metabolisme buah secara alami. Parameter mutu buah salak yang berubah selama penyimpanan menurut Manurung *et al.* (2013) ialah penyusutan bobot, kekerasan, dan TPT (total padatan terlarut).

- Susut bobot. Bobot buah diukur menggunakan neraca digital ketelitian 1 g. Perhitungan susut bobot dilakukan berdasarkan persentase perubahan bobot buah salak tandan pada setiap perlakuan selama penyimpanan. Susut bobot dihitung menggunakan Persamaan 2:

$$\text{Susut bobot} = (w - w_a) / w \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

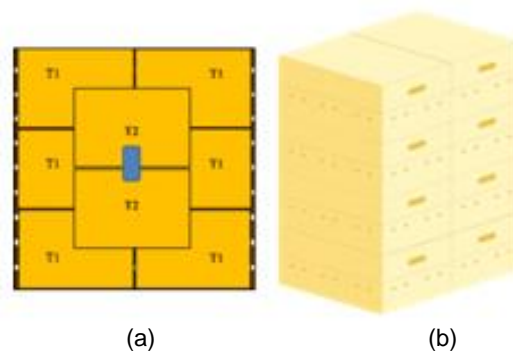
- w = Bobot buah sebelum penyimpanan (g)
- w_a = Bobot buah setelah penyimpanan (g)

- Kekerasan. Perubahan kekerasan salak diukur menggunakan Precision Scientific Petroleum Instruments Digital Penetrometer Model 73500. Jarum penetrometer diletakkan tepat di atas buah salak, jarum akan menusuk daging buah dengan waktu ukur selama 5 detik dan bobot beban/jarum 2,8 g. Skala pada monitor penetrometer menunjukkan kedalaman jarum untuk menembus daging buah. Nilai kekerasan dihitung dengan Persamaan 3.

$$Hd = Pt / (w \times t) \quad (3)$$

Keterangan:

- Hd = Nilai kekerasan
- Pt = Nilai yang terbaca pada penetrometer (mm)



Gambar 1 Perlakuan selama transportasi: (a) pengukuran vibrasi, (b) pengujian tumpukan.

w = Bobot beban (g)
 t = Waktu pengujian (detik)

- Total Padatan Terlarut. Brix mengukur jumlah zat padat semu yang larut (dalam gram) per 100 g larutan. Kadar Brix buah diukur menggunakan refraktometer genggam ATAGO Master-500 (Atago 2000). Daging buah salak dihancurkan kemudian cairan buah diteteskan ke prisma refraktometer. Nilai yang ditunjukkan oleh refraktometer menggambarkan kadar TPT ($^{\circ}$ Brix).

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif dan analisis varians untuk menilai pengaruh serta interaksi antar perlakuan. Selanjutnya, dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 5% apabila terdapat pengaruh pada hasil analisis varians.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salak pondoh tandan dikemas menggunakan kemasan primer dan sekunder, selanjutnya ditumpuk di atas palet kayu seperti pada Gambar 2. Transportasi dari Kabupaten Banjarnegara ke Kampus IPB Dramaga yang berjarak 461 km menggunakan alat transportasi mobil boks selama 13 jam dengan kondisi jalanan dalam kota dan arus lalu lintas lengang. Getaran selama transportasi ialah 5.5 MMI (cukup kuat). Penelitian ini melibatkan 3 (tiga) jenis perlakuan kemasan, diantaranya peti kayu (K1), kardus tanpa busa jala (K2), serta kardus dengan busa jala (K3).

Kerusakan Buah

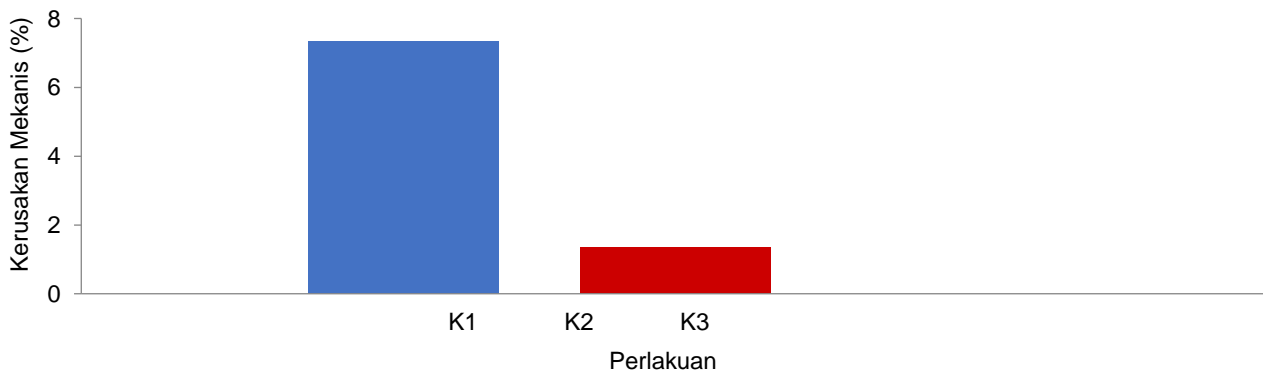
Setelah transportasi, dilihat jumlah buah yang rontok atau terlepas dari tandannya. Kerusakan mekanis terjadi akibat gesekan dan benturan antar-buah atau dengan kemasan yang disebabkan oleh guncangan selama transportasi (Van Zeebroeck *et al.* 2007). Kerusakan mekanis tertinggi setelah transportasi selama 13 jam dijumpai pada perlakuan K1, yaitu 7,35% dibandingkan dengan perlakuan K2 dan K3 (Gambar 3). Penggunaan busa jala dapat mengurangi kerusakan mekanis buah hingga 0%, sementara pada kemasan kardus tanpa busa jala masih terdapat kerusakan mekanis dengan nilai rendah (1,35%). Kemasan kardus dapat mengurangi gesekan dan benturan antar-buah sehingga kerusakan mekanis dapat ditekan. Perlakuan kemasan berpengaruh tidak nyata pada kerusakan mekanis salak pondoh tandan menurut hasil analisis varians. Hal ini karena buah salak yang dikirim adalah dengan tingkat kematangan 80%.

Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik berupa memar terjadi akibat perlakuan saat pemanenan, penanganan (*handling*), dan transportasi (Ahmadi *et al.* 2010). Rusak memar termasuk kerusakan sel jaringan tanpa pecahnya kulit segar yang disebabkan oleh benturan, kompresi, atau getaran (Stropek & Golacki 2015). Kerusakan fisik dianalisis secara visual dengan cara melihat timbulnya memar pada daging buah salak. Memar pada daging buah salak tidak langsung terlihat setelah transportasi, tetapi mulai terlihat pada penyimpanan hari ke-4 pada perlakuan K1 (Gambar 4). Kerusakan fisik pada perlakuan K2 terlihat pada penyimpanan hari ke-7. Perlakuan K3 dapat mengurangi kerusakan fisik;



Gambar 2 Penyesunan buah: (a) kemasan peti kayu, (b) kemasan primer pada kemasan sekunder, (c) pada palet ukuran 1,100 mm x 1,100 mm, (d) dalam mobil boks.



Gambar 3 Kerusakan mekanis buah salak pondoh tandan.

memar pada daging buah terlihat sangat sedikit pada perlakuan ini dan mulai terlihat pada hari ke-10 penyimpanan. Hasil analisis varians menunjukkan perlakuan kemasan berpengaruh secara signifikan terhadap persentase kerusakan fisik buah selama penyimpanan. Uji lanjut DMRT mengungkapkan perlakuan kemasan K3 berbeda signifikan dengan perlakuan K1 dan perlakuan K2.

Kerusakan Fisiologis dan Mikrobiologis

Kerusakan fisiologis buah salak tandan ditandai dengan buah berjamur, busuk dengan tekstur berair, mengeluarkan bau tajam, busuk dengan bagian ujung yang lunak, keriput, dan memiliki penampakan yang kurang menarik. Gambar 5 menunjukkan bahwa kerusakan buah meningkat selama penyimpanan. Kerusakan fisiologis dan mikrobiologis selanjutnya disebut dengan buah busuk pada pembahasan ini. Peningkatan buah busuk terlihat berbeda pada tiap perlakuan kemasan. Jamur mulai muncul pada hari ke-4 di semua perlakuan. Pada akhir periode penyimpanan (hari ke-22), Kerusakan buah menunjukkan bahwa perlakuan K1 mengalami tingkat kerusakan fisiologis tertinggi yaitu sebesar 14,96%. Sedangkan perlakuan K2 dan K3 masing-masing 13,26% dan 8,43%. Kemasan hasil rancangan mampu mengurangi kerusakan fisiologis buah sebesar 6,54%.

Hasil analisis varians taraf 5% mengungkapkan bahwa perlakuan kemasan berpengaruh signifikan pada persentase buah busuk selama penyimpanan. Uji

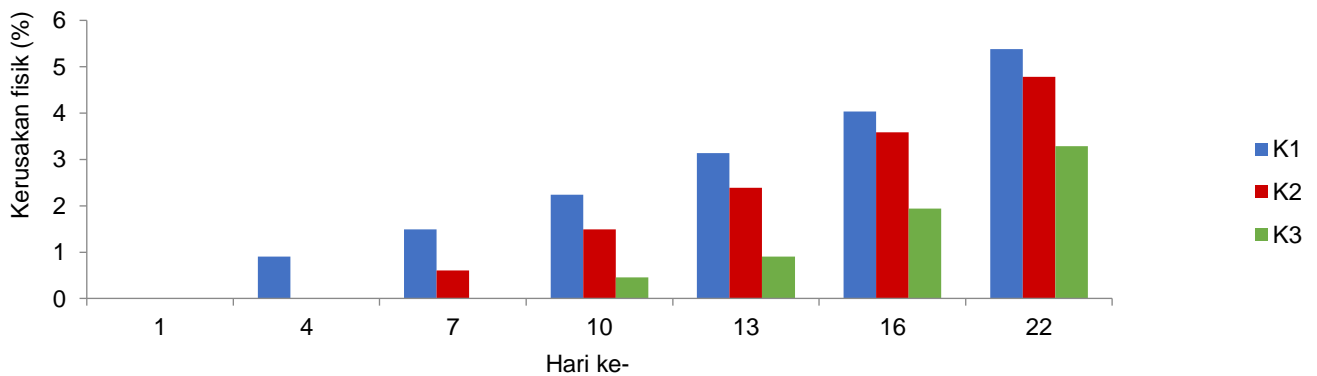
lanjut DMRT menunjukkan bahwa salak pondoh tandan perlakuan K1 memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan K2 dan K3. Laju perubahan persentase buah busuk menunjukkan nilai positif, yang artinya persentase busuk selama penyimpanan meningkat. Perlakuan K1 memperlihatkan laju persentase buah busuk tertinggi (0,69%) tiap harinya. Perlakuan K2 dan K3 dapat meminimalkan laju persentase buah busuk masing-masing 0,56% dan 0,38% tiap harinya. Sejalan dengan rendahnya kerusakan mekanis dan kerusakan fisik, transpirasi dan respirasi pada perlakuan K2 dan K3 berjalan lambat sehingga kerusakan fisiologis dan mikrobiologis lebih rendah daripada perlakuan K1.

Perubahan Mutu Buah Selama Penyimpanan

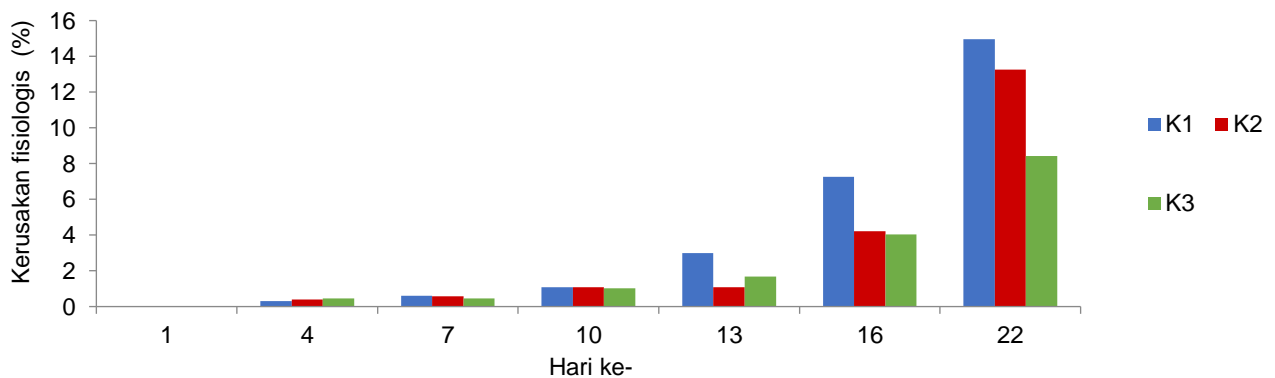
Buah salak memiliki pola respirasi nonklimakterik dan tingkat transpirasi tinggi yang dapat mengurangi kualitas buah setelah panen. Buah salak yang menurun mutunya akan berkurang bobotnya, menjadi keriput, rasa dan aroma menjadi kurang menarik, dan menurun kandungan nutrisinya (Cahyono 2016).

Susut Bobot

Perubahan bobot setelah panen berkaitan dengan banyaknya air yang hilang dari buah salak melalui proses transpirasi dan respirasi. Hidayati (2013) menyatakan bahwa terjadi penurunan kadar air salak pondoh selama proses transportasi. Kehilangan bobot salak pondoh sebesar 5–10% menyebabkan



Gambar 4 Kerusakan fisik buah salak selama penyimpanan.



Gambar 5 Jumlah kerusakan fisiologis dan mikrobiologis buah salak pondoh selama penyimpanan.

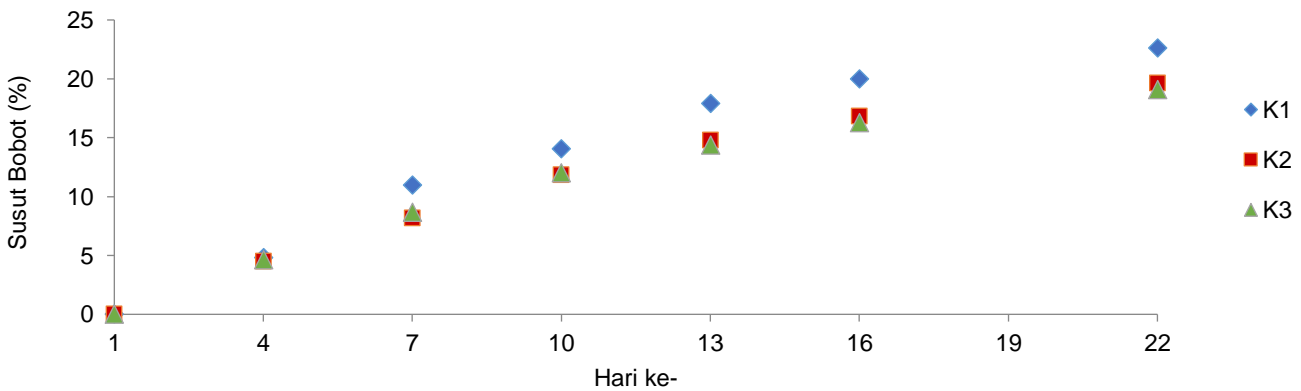
perubahan warna dan tekstur buah yang kurang baik, serta sulit dikupas karena kulit menempel erat pada daging buah akibat kehilangan air (Sulusi *et al.* 1996). Gambar 6 menunjukkan bahwa buah salak pondoh tandan pada perlakuan K2 dan K3 masih layak dipasarkan sampai hari penyimpanan ke-7 (susut bobot kurang dari 10%). Berbeda dengan persentase susut bobot salak pondoh tandan perlakuan K1 yang mencapai 11% pada 7 hari penyimpanan. Laju susut bobot buah menunjukkan nilai yang positif selama penyimpanan, yang berarti bahwa buah salak meningkat susut bobotnya. Rata-rata persentase laju susut bobot untuk perlakuan K1 mencapai 1,10% per hari, K2 0,95% per hari, dan K3 0,90% per hari. Susut bobot akan meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan. Perlakuan jenis kemasan berpengaruh nyata pada susut bobot berdasarkan hasil analisis varians taraf 5%. Uji lanjut DMRT mengindikasikan bahwa salak pondoh tandan yang dikemas menggunakan kardus berbeda nyata dengan yang dikemas peti kayu.

Buah salak pondoh tandan yang dikemas menggunakan kardus menunjukkan persentase laju susut bobot lebih rendah daripada dengan kemasan peti kayu. Hal ini sejalan dengan persentase rusak mekanis yang rendah dengan penggunaan kemasan kardus. Getaran yang terjadi selama proses transportasi menyebabkan terjadinya gesekan antar-buah sehingga terjadi kerusakan mekanis dan fisik buah berupa memar (Pangidoan *et al.* 2013). Kondisi

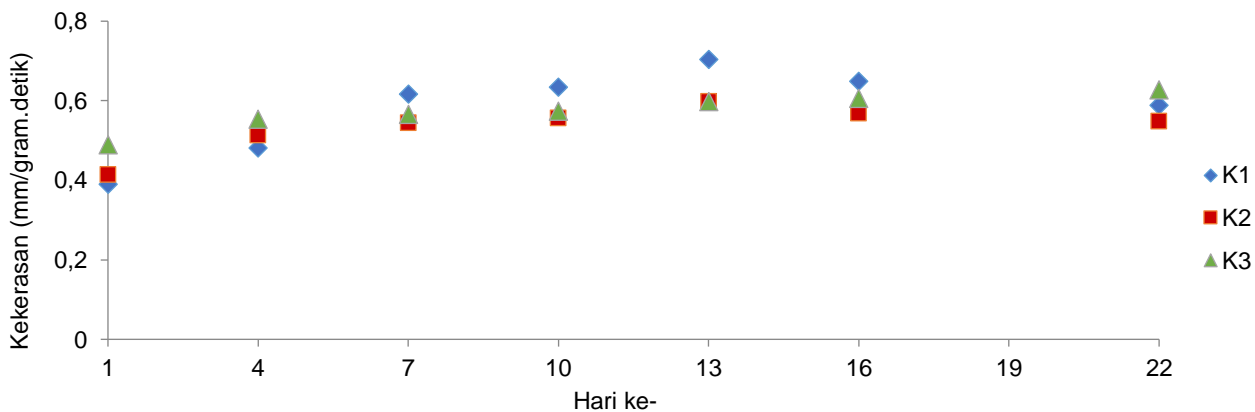
ini memicu penurunan bobot dan memperpendek umur simpan buah. Berbeda dengan perlakuan peti kayu. Persentase susut bobotnya tinggi karena oksigen lebih bebas mengenai pori-pori sisik kulit buah salak menyebabkan respirasi dan transpirasi menjadi lebih tinggi sejalan dengan tingginya kerusakan buah pascatransportasi. Hal ini yang menyebabkan air di dalam buah lebih banyak menguap (Purwoko & Suryana 2000).

Kekerasan Buah

Kekerasan buah adalah salah satu faktor yang mempengaruhi penerimaan konsumen. Kekerasan buah dipengaruhi oleh tekanan turgor sel, struktur, dan komposisi polisakarida pada dinding sel (Marlina *et al.* 2014). Salah satu indikator kerusakan buah salak pondoh adalah permukaan daging buah yang mengerut sehingga memengaruhi tingkat kekerasan buah dan buah mulai busuk. Nilai kekerasan buah diukur menggunakan penetrometer dengan satuan mm/g.detik yang artinya semakin tinggi nilai kekerasan, buah salak semakin lunak, karena jarum penetrometer menusuk daging buah lebih dalam. Gambar 7 menunjukkan perubahan nilai kekerasan yang semakin meningkat selama penyimpanan kemudian menurun pada hari penyimpanan ke-16. Peningkatan nilai kekerasan berarti bahwa buah salak pondoh bertambah lunak selama penyimpanan. Nilai kekerasan salak pada hari ke-16 menurun, hal ini berarti buah menjadi keras kembali sebagai indikator



Gambar 6 Susut bobot buah salak pondoh tandan selama penyimpanan.



Gambar 7 Perubahan nilai kekerasan buah salak pondoh tandan selama penyimpanan.

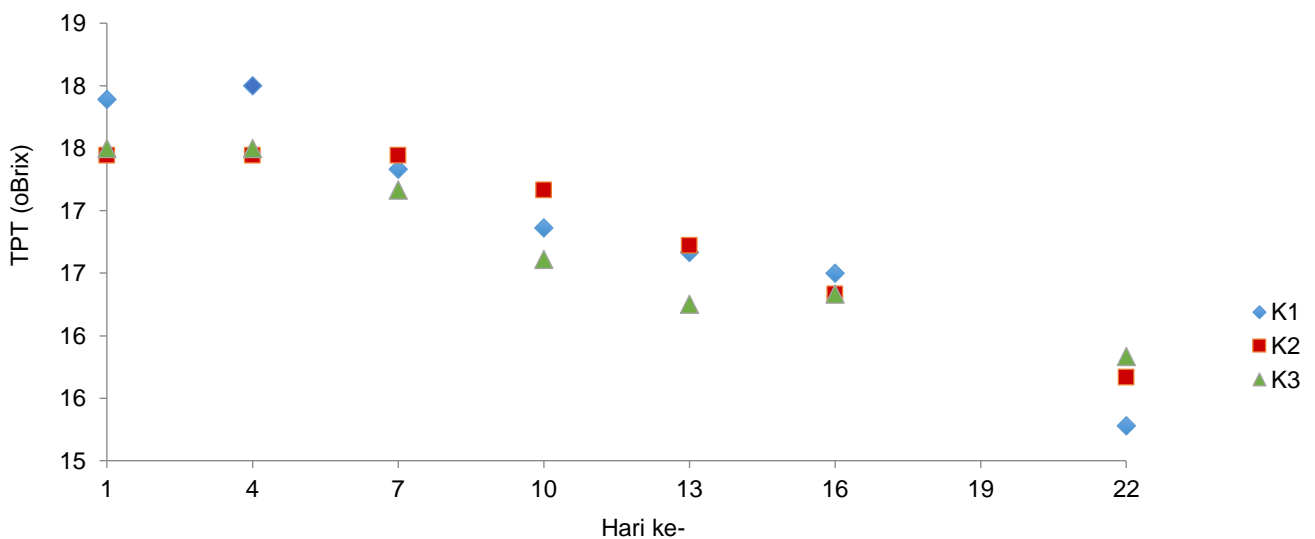
kerusakan dan masa pembusukan buah. Laju perubahan nilai kekerasan buah salak pada perlakuan K1 adalah yang tertinggi, yaitu 0,017 mm/g.detik tiap harinya, sementara pada K2 tergolong rendah, yaitu 0,009 mm/g.detik dan 0,006 mm/g.detik untuk perlakuan K3. Hasil analisis varians menunjukkan jenis kemasan berpengaruh secara signifikan terhadap laju perubahan kekerasan buah salak. Laju perubahan nilai kekerasan buah kemasan kardus berbeda nyata dengan kemasan peti kayu menurut hasil uji DMRT. Perubahan nilai kekerasan dipengaruhi oleh hilangnya uap air akibat respirasi, yang berdampak pada penurunan bobot buah. Proses respirasi dipercepat ketika buah mengalami luka, yang terjadi akibat kerusakan mekanis selama proses transportasi (Iswahyudi *et al.* 2015, Sutrisno *et al.* 2011).

Total Padatan Terlarut (TPT)

Nilai TPT mengindikasikan persentase bahan yang larut dalam larutan, yang kemudian tersisa sebagai residu setelah proses penguapan dan pemanasan. TPT umumnya dinyatakan dalam persentase gula (°Brix). Gambar 8 menunjukkan perubahan nilai TPT pada buah salak pondoh tandan selama penyimpanan. Nilai TPT buah meningkat sampai hari penyimpanan ke-4 kemudian menurun sampai pada 22 hari penyimpanan. Peningkatan TPT terjadi oleh proses respirasi pada buah masih memanfaatkan karbohidrat sebagai substrat untuk respirasi. Kondisi ini mengakibatkan penumpukan gula sehingga rasa buah salak menjadi lebih manis. Sebaliknya, penurunan TPT disebabkan oleh penggunaan gula sebagai bahan respirasi atau konversinya menjadi senyawa lain (Rachmawati 2010). Nilai TPT akan naik apabila kematangan buah belum matang sepenuhnya dan mengalami respirasi yang tinggi, selanjutnya nilai TPT akan menurun seiring dengan semakin matangnya buah. Laju perubahan nilai TPT menunjukkan nilai negatif, artinya secara keseluruhan nilai TPT menurun

selama penyimpanan. Pada hari pertama penyimpanan TPT rata-rata adalah $17,6 \pm 0,5$ °Brix, dan menurun menjadi $15,6 \pm 0,4$ °Brix pada penyimpanan hari ke-22. Perlakuan K1 mengalami laju penurunan TPT tertinggi, yaitu $-0,126$ °Brix per hari, sedangkan pada perlakuan K2 dan K3 penurunan nilai TPT lebih rendah, masing-masing $-0,091$ °Brix dan $-0,088$ °Brix per hari.

Hasil analisis varians taraf 5% menunjukkan pengaruh yang signifikan antara perlakuan kemasan dan laju perubahan nilai TPT buah salak pondoh tandan. Hasil uji lanjut Duncan memperlihatkan bahwa laju penurunan nilai TPT buah berbeda signifikan antara kemasan peti kayu dan kemasan kardus. TPT buah salak pondoh tandan perlakuan K2 dan K3 mengalami laju perubahan yang rendah. Hal ini diduga karena kerusakan mekanis yang rendah dapat menekan laju respirasi dan transpirasi buah, sehingga penurunan mutu buah semakin lambat. Penggunaan kemasan kardus dapat melindungi buah salak dari pengaruh lingkungan, sehingga mampu mengurangi laju respirasi yang mempengaruhi perubahan nilai TPT buah. Sementara itu, pada perlakuan K1 ketersediaan oksigen yang bebas di lingkungan, ditambah dengan kerusakan mekanis yang tinggi mengakibatkan perombakan substrat karbohidrat untuk respirasi lebih cepat. Perubahan nilai TPT dipengaruhi oleh kerusakan mekanis buah, susut bobot, dan kekerasan buah. Buah salak tandan perlakuan K2 dan K3 mengalami kerusakan mekanis, penyusutan bobot, dan perubahan nilai kekerasan yang rendah. Kerusakan mekanis yang minim dapat memperlambat laju respirasi dan transpirasi buah, sehingga penurunan mutu buah semakin lambat. Penggunaan kemasan kardus juga mampu melindungi buah salak dari pengaruh lingkungan, sehingga dapat mengurangi laju respirasi dan memengaruhi perubahan nilai TPT buah salak.



Gambar 8 Perubahan nilai TPT salak pondoh tandan selama penyimpanan.

KESIMPULAN

Kemasan primer yang terbuat dari karton gelombang *flute C* efektif mengurangi kerusakan mekanis buah salak pondoh tandan setelah dilakukan 13 jam transportasi. Penggunaan kemasan pelindung (*net foam*) berhasil mengurangi kerusakan mekanis hingga 0%. Desain kemasan ini secara signifikan mempengaruhi kualitas buah salak pondoh tandan selama penyimpanan, termasuk kerusakan fisik, kerusakan fisiologis dan mikrobiologis, susut bobot, kekerasan, dan total padatan terlarut. Penggunaan kemasan terbaik adalah kemasan kardus dengan busa jala (*net foam*), yang menjaga kerusakan fisiologis dan mikrobiologis tetap rendah hingga hari ke-16 penyimpanan, yaitu sebesar 4,05%. Perlakuan ini juga menunjukkan laju perubahan kualitas buah salak tandan yang paling rendah selama 22 hari penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Departemen Teknologi Industri Pertanian IPB, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB, Perhimpunan Florikultura Banjarnegara, PT Sabnani Box, dan Universitas Islam Nusantara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi E, Ghasemzadeh HR, Sadeghi M, Moghadam M, Zarifneshat S. 2010. The effect of impact and fruit properties on the bruising peach. *Journal of Food Engineering*. 97: 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.09.024>
- Atago. 2000. *Hand-held Refractometer Instruction Manual*. Tokyo (JP): Atago Co., Ltd.
- Muharom, Muchid M, Hariyanto K. 2021. Desain packing box speaker material foam 40 mm dan double flute c menggunakan CAD solidwork. *Jurnal Instek*. 6(2): 198–207. <https://doi.org/10.24252/instek.v6i2.24131>
- Hidayati N. 2013. Sifat fisik dan kimia buah salak pondoh di Kabupaten Sleman. *Agros*. 15(1): 166–173.
- Iswahyudi, Darmawati E, Sutrisno. 2015. perancangan kemasan transportasi buah jambu air (*Syzygium equeum*) cv Camplong. *Jurnal Teknik Pertanian*. 3 (1): 65–72.
- Jung HM, Park JG. 2012. Effect of vibration stress on the quality of packaged apples during simulated transport. *Journal of Biosystem Engineering*. 37(1): 44–50. <https://doi.org/10.5307/JBE.2012.37.1.044>
- Kays SJ. 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. New York (US): AVI Publishing by
- van Nostrand Reinhold. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8255-3>
- Kris O, Adiharmanto KA, Hartanto R, Novita DD. 2013. Perubahan kimia dan lama simpan buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw) dalam penyimpanan dinamis udara CO₂. *Jurnal Teknik Pertanian*. 2(3): 123–132.
- Manurung VH, Djarkasi GSS, Langi TM, Lalujan LE. 2013. Analisis sifat fisik dan kimia buah salak pangu (*Salacca zalacca*) dengan pelilinan selama penyimpanan. *Cocos*. 3(5): 1–9.
- Marlina L, Purwanto YA, Ahmad U. 2014. Aplikasi pelapisan kitosan dan lilin lebah untuk meningkatkan umur simpan salak pondoh. *Jurnal Teknik Pertanian*. 2(1): 65–72.
- Napitupulu B, Sariman, Murizaf, Harahap D, Zulkarnain, Tampubolon M. 2001. Karakteristik teknologi pasca panen dan pengemasan buah salak *Sidimpuan*. Jakarta (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Gedung Johor, Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Pangidoan S, Sutrisno, Purwanto A. 2013. Simulasi transportasi dengan pengemasan untuk cabai merah keriting segar. *Jurnal Teknik Pertanian*. 27(1): 69–76. <https://doi.org/10.19028/jtep.27.1.69-76>
- Pathare PB, Opara UL. 2014. Structural design of corrugated boxes for horticultural produce: A review. *Biosystems Engineering*. 125(1): 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.06.021>
- Purwoko BS, Suryana K. 2000. Efek suhu simpan dan coating terhadap perubahan kualitas buah pisang cavendish. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 28(3): 77–84.
- Rachmawati M. 2010. Kajian sifat kimia salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) dengan pelapisan kitosan selama penyimpanan untuk memprediksi masa simpannya. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 6(1): 20–24.
- Srimurni, R. R., Darmawati, E., & Yuliasih, I. 2018. Perancangan kemasan buah salak segar dalam bentuk tandan (Salak Pondoh Banjarnegara, Jawa Tengah). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 28(2): 180–190. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.180>
- Stropek Z, Gołacki K, 2015. A new method for measuring impact related bruises in fruits. *Postharvest Biology and Technology*. 110: 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.005>
- Suhardjo, Sjaifullah S, Prabawati S, Sahu, Murtiningsih. 1995. *Penanganan Segar dan*

- Olahan*. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Sulusi P, Suyanti S, Sjaifullah. 1996. Penentuan ketuaan panen untuk mendapatkan buah salak suwaru bermutu baik. *Jurnal Hortikultura*. 6(3): 309–317.
- Sutrisno, Darmawati E, Sukmana D. 2011. Rancangan kemasan berbahan karton gelombang untuk individual buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Prosiding Kajian Teknik Pasca Panen dan Proses Hasil Pertanian*. Jember (ID): 21–22 Juli 2011.
- Trisnawati W, Rubiyo. 2004. Pengaruh penggunaan kemasan dan lama penyimpanan terhadap mutu buah salak bali. *Jurnal pengkajian dan pengembangan teknologi pertanian*. 7(1): 76–82.
- Van Zeebroeck M, Van Linden V, Darius P, De Ketelaere B, Ramon H, Tijskens E. 2007. The effect of fruit properties on bourse susceptibility of tomatoes. *Postharvest biology and technology*. 45: 168–175.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.022>