

Pengaruh Posisi dan Tipe Ventilasi Kemasan Peti Karton (*Corrugated Box*) terhadap Mutu Buah Manggis Selama Proses Transportasi dan Penyimpanan***The Effect of Position and Type of Ventilation of Corrugated Boxes on the Quality of Mangosteen Fruit during the Transport and Storage Process*****Ni Luh Yulianti*, I Gusti Ngurah Apriadi Aviantara, Pande Ketut Diah Kencana***Program Studi Teknik Pertanian, dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia**email: yulianti@unud.ac.id**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kemasan yang mampu mempertahankan mutu buah manggis pasca transportasi dan selama penyimpanan dalam ruang pendingin. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial dimana faktor pertama adalah posisi ventilasi, faktor kedua adalah kombinasi tipe ventilasi. Faktor pertama terdiri dari dua taraf yaitu letak ditengah bidang permukaan kemasan (L1) dan tersebar merata dipermukaan kemasan (L2). Faktor kedua terdiri dari tiga taraf yaitu tipe bundar seluruhnya (V1) tipe oval seluruhnya (V2) dan kombinasi antara oval dan bundar (V3). Luas dimensi ventilasi yang digunakan untuk seluruh perlakuan adalah sebesar 3,45 % dari total luas kemasan. Masing-masing perlakuan tersebut diulang sebanyak 3 kali. Kemasan yang digunakan adalah kemasan karton gelombang berkapasitas 5 kg berdimensi 27 cm x 22 cm x 22 cm tipe *fullflap* dengan pengaturan buah dalam kemasan menggunakan tipe *Face Centred Cubic*. Pengujian kemasan dilakukan dengan melakukan transportasi buah manggis dalam kemasan dengan kondisi jalan dalam kota dan jalan buruk beraspal. Parameter pengujian meliputi perhitungan kuat tekan kemasan, sebaran suhu dalam kemasan, nilai pH buah dan persentase susut bobot. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam, dan apabila terdapat pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati, maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan diperoleh bahwa interaksi antar perlakuan berpengaruh signifikan terhadap parameter mutu susut bobot buah manggis, TPT dan pH buah. Nilai kuat tekan untuk kemasan hasil rancangan dengan dimensi 27 cm x 22 cm x 22 cm adalah sebesar 284 kgf. Perlakuan L1V1 merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan susut bobot paling rendah yaitu sebesar 2,30% nilai TPT 15.30, pH 2.6 sehingga dapat menjadi kemasan buah manggis yang mampu mempertahankan mutu buah dalam kemasan selama proses transportasi.

Kata kunci: *manggis, kemasan karton gelombang, ventilasi.***Abstract**

The aim of this research was to acquire packaging that can uphold the quality of mangosteen fruit while being transported and stored. A Randomized Group Design Factorial method was used, where the first factor is the location of ventilation and the second factor is a combination of ventilation types. The first factor comprises two levels, specifically, the center location of the packaging surface (L1) and a uniform distribution on the surface of the packaging (L2). The second factor comprises three levels: completely round type (V1), completely oval type (V2), and a combination of oval and round (V3). The ventilation dimension for all treatments was 3.45% of the total packaging area. Each treatment was replicated three times. A 5 kg capacity corrugated carton of dimensions 27 cm x 22 cm x 22 cm in the full-flap type was utilized for packaging, with the fruit arranged in the Face Centered Cubic type. Packaging tests were conducted by transporting mangosteen fruits in packaging through the city and on poorly surfaced roads. The testing parameters comprised the determination of packaging's compressive strength, the distribution of temperature within the packaging, the total soluble solids value of the fruits, the pH value of the fruits and the percentage of weight loss. The obtained data were analysed by analysis of variance and if there was an effect of treatment on the observed parameters, the Duncan test was applied. The test results highlight the significant impact of treatment interaction on mangosteen fruit quality parameters including weight loss, TPT, and fruit pH. The packaging design measured at 27cm x 22cm x 22cm demonstrated a compressive strength value of 284 kgf. The treatment which produced the lowest weight loss of 2.30%, a TPT value of 15.30 and pH 2.6, is L1V1. This treatment is optimal for packaging mangosteen fruit, as it is able to maintain the fruit's quality.

Keywords: *mangosteen, corrugated cardboard packaging, ventilation.*

PENDAHULUAN

Kemasan merupakan salah satu komponen penting dalam proses distribusi segala jenis produk termasuk produk pertanian dan hortikultura. Baik dan buruknya mutu produk selama dan setelah didistribusikan sangat tergantung pada jenis dan kondisi kemasan yang digunakan. Kerentanan yang tinggi dari produk segar yang dikemas terhadap kerusakan mekanis adalah hal yang lazim dan merupakan penyebab utama kerugian pascapanen selama di transportasi seperti produk ekspor (Fadji et al., 2018; Fadji, Coetzee, & Opara, 2016; Fadji, Coetzee, Chen, et al., 2016; Opara dan Pathare, 2014; Pathare et al., 2012). Kemasan untuk distribusi produk hortikultura lebih mengutamakan kemampuan kemasan dalam meredam gaya yang timbul akibat kondisi jalan selama produk ditransportasikan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa kerusakan yang terjadi pada produk disebabkan oleh proses transportasi dan beberapa kerusakan lainnya diakibatkan dari proses penyimpanan dalam jangka waktu yang lama yaitu sebesar 20%. (Hetzroni et al. 2000; Arazuri et al, 2007; Tim Penulis PS, 2003).

Penggunaan kemasan yang memiliki daya redam tinggi dapat menjadi solusi untuk mengurangi kerusakan mekanis akibat guncangan gaya vertikal selama proses transportasi. Tujuan dari desain kemasan hortikultura segar adalah untuk mengurangi kerusakan mekanis yang dihasilkan selama proses distribusi dan meningkatkan kinerja kemasan secara keseluruhan (Pathare dan Opara, 2014). Salah satu bahan kemas yang memiliki daya redam dan bantalan yang baik dan mampu melindungi produk dari benturan adalah kemasan karton gelombang. Selain jenis bahan kemas, karakteristik produk yang dikemas juga memiliki andil terhadap laju kerusakan yang terjadi pada produk tersebut. Beberapa produk hortikultura memiliki karakter mudah mengalami penurunan mutu akibat benturan dan salah satu produk yang memiliki sensitifitas tinggi terhadap benturan adalah buah manggis.

Buah manggis cenderung mengalami penurunan mutu yang lebih cepat dan laju repirasi yang lebih tinggi dibandingkan produk lainnya. Rendahnya mutu yang dijumpai pada buah manggis sebagian besar diakibatkan dari penanganan yang kurang memadai khususnya penggunaan kemasan yang tepat baik dari segi jenis kemasan dan dimensi kemasan yang digunakan. Penelitian yang dilakukan Yulianti dan Arda (2013) menemukan bahwa kemasan karton gelombang dengan kapasitas kemasan 5 kg berdimensi 27 cm x 22 cm x 22 cm mampu menekan kerusakan fisik buah manggis akibat proses

transportasi hingga mencapai 3%. Selanjutnya dalam penelitian tersebut juga menemukan bahwa penggunaan kemasan karton gelombang *double flute* dengan tipe *full flap* memiliki kemampuan menahan tekanan lebih baik dibandingkan jenis dan tipe kemasannya lainnya.

Selain benturan dan gesekan, kerusakan yang terjadi pada buah juga disebabkan oleh sirkulasi udara yang kurang baik di dalam kemasan. Udara yang tidak mengalir dan tersirkulasi dengan baik akan menyebabkan tingkat kerusakan fisiologis pada produk menjadi lebih tinggi. (Sutisno et al, 2011) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi mutu produk selama penyimpanan adalah suhu dan sirkulasi suhu dalam ruang kemasan. (Pathare et al., 2012); (Opara, 2011) menyatakan bahwa kekuatan kemasan hortikultura yang dilengkapi dengan ventilasi sangat tergantung pada posisi, ukuran dan bentuk lubang ventilasi serta susunan produk di dalam kemasan. Penggunaan dimensi ventilasi dibawah 5% pada kemasan karton gelombang mampu mengurangi kerusakan pada produk selama distribusi dan penyimpanan (Pathare et al., 2012). Dalam penelitian yang berbeda diketahui bahwa penggunaan ventilasi berbentuk oval sebesar 3,45 % dari total luas permukaan kemasan mampu menjaga mutu produk lebih baik dibandingkan dimensi lainnya (Yulianti & Arda, 2014). Hingga saat ini masih banyak penelitian yang perlu dilakukan untuk mengkaji tentang kemasan transportasi dan penggunaan berbagai ventilasi pada kemasan karton gelombang khususnya untuk buah manggis untuk mengurangi kerusakan akibat benturan dan akumulasi suhu selama proses transportasi dan penyimpanan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian dan dasar pemikiran diatas, maka perlu dilakukan penelitian serta kajian lebih dalam tentang pengaruh posisi ventilasi dan kombinasi ventilasi. kemasan yang mampu mempertahankan mutu buah manggis pasca transportasi dan selama penyimpanan

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karton gelombang sebagai bahan kemas yang dirancang tipe *BC Fluet, net foam*, dan buah manggis dengan kematangan indeks 2, mutu 1 dengan diameter adalah berkisar antara 6.0 cm – 6.5 cm. Alat yang digunakan adalah alat-alat pertukangan (jangka sorong, meteran), *Instron universal testing mechine*, timbangan digital (*Kris Chef Model Ek9250*, China), *Refraktometer (Atago P-1°Brix: 0 – 32 %*, Japan), pH meter. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor. Faktor pertama letak ventilasi (L) terdiri dari dua jenis yaitu:

L1 = Posisi di pusat kemasan dari empat titik acuan
L2 = Posisi merata di permukaan kemasan

Faktor kedua adalah kombinasi bentuk ventilasi terdiri dari tiga taraf yaitu:

V1 = tipe bundar seluruhnya
V2 = tipe oval seluruhnya
V3 = tipe kombinasi oval dan bundar

Total luasan ventilasi untuk setiap kemasan adalah sebesar 3,45% dari total luas kemasan. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam, dan apabila terdapat pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati, maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan 3 tahapan. Tahap awal adalah proses perancangan dan pembuatan kemasan karton gelombang dengan penentuan jenis dan dimensi ventilasi sesuai perlakuan. Dimensi ventilasi yang digunakan adalah sebesar 3,45% dari total luasan permukaan kemasan. Tahap kedua yaitu proses transportasi produk yang dikemas dalam box karton gelombang. Sebelum ditransportasikan, buah diatur di dalam kemasan menggunakan pola *face cubic centre* (FCC) seperti terlihat pada Gambar 1. dan selanjutnya ditransportasikan melalui jalan dalam kota dan jalan buruk beraspal dengan jarak tempuh sejauh 97 km yang ditempuh dalam waktu 2 jam 25 menit menggunakan kendaraan truk. Tahap ketiga yang dilakukan adalah penyimpanan produk dalam kemasan kedalam ruang pendingin yang dilanjutkan dengan mengamati dan melakukan analisis parameter penelitian.

Parameter Yang Diamati

Sebaran Suhu Dalam Kemasan

Pengamatan suhu kemasan dilakukan seriap 2 jam sekali. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi perubahan suhu yang terjadi dalam kemasan selama proses penyimpanan berlangsung.

Total Padatan Terlarut (°Brix)

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan menggunakan refraktometer digital. Total padatan terlarut tersebut didapat dari filtrat daging buah manggis yang dilumatkan, lalu hasilnya diletakkan pada prisma refraktometer kemudian dilakukan pembacaan. Besarnya nilai total padatan terlarut dinyatakan dalam °brix. Pengukuran total padatan terlarut dilakukan setiap hari hingga akhir waktu penyimpanan

pH Daging Buah

pH daging buah diukur menggunakan pH meter. Buah manggis dihancurkan kemudian dilakukan pengukuran terhadap pH. Nilai pH ditentukan dengan melihat angka yang tertera pada alat.

Susut Bobot

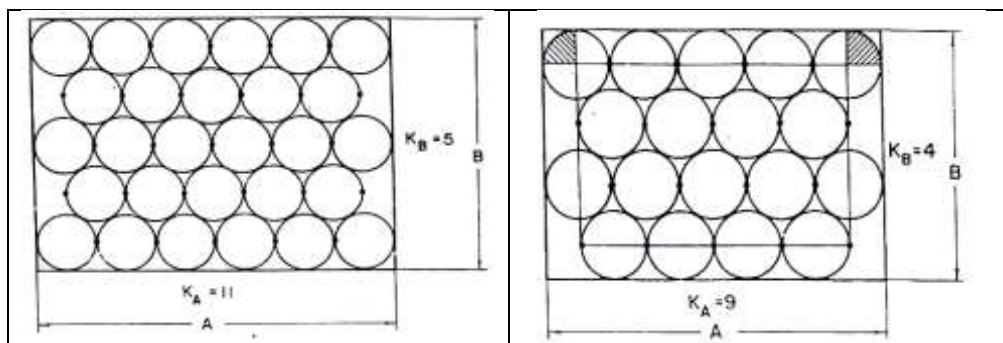
Pengukuran susut bobot dilakukan menggunakan timbangan *mettler* PM-4800. Pengukuran dilakukan dalam suhu ruang pendingin. Persamaan yang digunakan untuk mengukur susut bobot sesuai dalam persamaan 1 di bawah ini

$$\% \text{ Susut bobot} = \frac{(W_0 - W_t)}{W_0} \times 100\% \quad [1]$$

Kuat Tekan Kemasan

Kemasan peti karton selama proses transportasi akan disimpan di dalam ruang angkut (*container*) dalam kondisi ditumpuk dengan kemasan lainnya. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya *top to bottom compression*. Untuk mencegah terjadinya kerusakan kemasan dan produk yang dikemas, maka dilakukan perhitungan *compression strength* untuk mengetahui beban tumpukan maksimum kemasan hasil rancangan. Secara teoritis perhitungan *compression strength* dapat dilakukan dalam suatu persamaan matematika (Mc Knee *et al.* 1963) pada persamaan 2

$$P = 1.82 \times P_m \times \sqrt{(h)} \times \sqrt{(Z)} \quad [2]$$



Gambar 1. Pola FCC dalam kemasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Kemasan dengan Dimensi dan Letak Ventilasi yang Berbeda

Parameter penting dari desain kemasan yang digunakan adalah kesesuaian dimensi kemasan dengan kapasitas produk yang dikemas serta kepadatan kemasan. Hasil Penelitian yang dilakukan menunjukkan jumlah buah yang dikemas dalam kapasitas 5 kg adalah sebanyak 40 buah dengan diameter masing-masing buah adalah 6,0 - 5 cm. Pola pengaturan buah yang digunakan dalam kemasan (adalah pola FCC (*face cubic centre*)). Penerapan pola FCC dalam kemasan memiliki keunggulan dibandingkan beberapa pola pengaturan lainnya yaitu susunan buah dalam kemasan kokoh dan kompak, walaupun untuk menyesuaikan jumlah buah dengan dimensi yang akan dirancang memerlukan perhitungan yang lebih lanjut dibandingkan penggunaan pola curah atau pola lainnya. (Rozana *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa buah tomat yang ditransportasi menggunakan kemasan karton gelombang dengan pola FCC memiliki nilai kerusakan dan memar paling rendah yaitu sebesar 0,64%, kondisi ini dimungkinkan oleh gesekan yang terjadi sangat kecil antar buah di dalam kemasan.

Ukuran kemasan yang digunakan adalah 27 cm x 22 cm x 22 cm dan berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa luas seluruh permukaan adalah sebesar 3.34 cm² dengan jumlah total luas seluruh ventilasi adalah sebesar 115,37 cm² untuk setiap kemasan yang digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa untuk kemasan dengan ventilasi tipe lingkaran dengan diameter setiap lingkaran sebesar 3 cm diperoleh luas untuk satu lubang ventilasi berbentuk lingkaran adalah 7,07 cm². Dengan dimensi tersebut, sehingga jumlah ventilasi yang diperoleh untuk perlakuan ventilasi berbentuk lingkaran adalah sebanyak 16 lubang. Hal ini sama juga dengan kemasan menggunakan ventilasi yang berbentuk oval.

Nilai Kuat Tekan

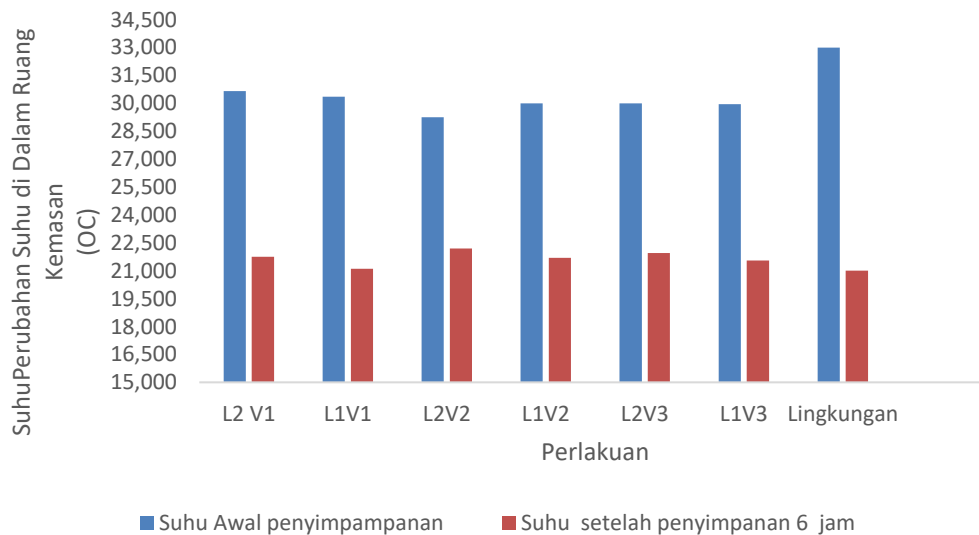
Uji kekuatan tekan secara teoritis dihitung dengan persamaan matematika (Mc Kne *et al.* 1963). Pendekatan model persamaan matematika tersebut mampu memberikan gambaran tentang kuat tekan kemasan pada kondisi real dengan tingkat kepercayaan mencapai 98% (Yulianti *et al.*, 2010). Berdasarkan pengujian diperoleh hasil ECT (*Edge Crush Test*) adalah sebesar 43.6 lbs untuk diameter

sampel sebesar 2.5 cm atau setara dengan 7.902 kgf/cm. Nilai ini selanjutnya digunakan untuk menghitung besarnya kekuatan tekan (*compression strength*) teoritis untuk kapasitas kemasan yang dirancang. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa nilai kuat tekan kemasan karton gelombang dengan tipe BC *Fluet* berdimensi 27 cm x 22 cm x 22 cm adalah sebesar 284 kgf. Selanjutnya dengan memperhitungkan nilai keamanan Gaya statis dan Dinamis, maka jumlah maksimal kemasan yang dapat ditumpuk adalah sebanyak 11 kemasan tanpa menimbulkan kerusakan pada kemasan, khususnya kemasan yang berada pada tumpukan yang paling bawah. Kemasan karton gelombang tipe BC *Fluet* merupakan kemasan yang mampu memberikan perlindungan yang baik pada buah manggis selama ditransportasikan (L, 2011).

Sebaran Suhu

Ventilasi merupakan bagian yang sangat penting dalam perancangan sebuah kemasan produk hortikultura seperti buah manggis merupakan produk yang masih melakukan aktivitas hidup seperti respirasi. Aktivitas respirasi akan menghasilkan sejumlah panas dan panas yang dihasilkan harus segera dikeluarkan dari dalam kemasan. Hal ini disebabkan panas yang terakumulasi didalam kemasan akan menyebabkan kerusakan yang terjadi pada produk akan berjalan lebih cepat.

Data suhu pada masing-masing perlakuan ditampilkan dalam Gambar 2 dan berdasarkan grafik tersebut dilihat bahwa hampir seluruh perlakuan mampu mengikuti perubahan suhu ruang yang digunakan. Namun, diantara seluruh perlakuan, kemasan dengan ventilasi yang terletak di pusat permukaan kemasan dengan tipe ventilasi bundar seluruhnya (L1V1) lebih responsif terhadap perubahan suhu yang terjadi di lingkungan dan memiliki suhu paling rendah serta mendekati suhu lingkungan setelah 6 jam penyimpanan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Darmawati *et al.*, 2011); yang menyatakan bahwa penggunaan ventilasi berbentuk lingkaran lebih responsif terhadap perubahan suhu lingkungan pada pengemasan buah tomat (Darmawati dan Kusniati, 2011) pada buah alpukat. Suhu yang terdistribusi dalam ruang kemasan sangat ditentukan oleh posisi, bentuk dan dimensi ventilasi yang digunakan. Ventilasi kemasan dengan dimensi kurang dari 5 % dan terletak di pusat permukaan menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih rendah pada produk buah (Opara, 2011).



Gambar 2. Grafik perubahan suhu kemasan

Posisi ventilasi memberi pengaruh terhadap sebaran suhu di dalam ruang kemasan. Posisi ventilasi yang di buat pada titik acuan yaitu pada pusat dari setiap permukaan kemasan memberikan perubahan suhu dalam kemasan paling cepat mengikuti perubahan suhu lingkungan. Selain respon perubahan suhu yang baik, ventilasi yang ditempatkan secara terpusat memiliki kekuatan menahan beban lebih maksimal dibandingkan yang tersebar secara merata. (Vigneault *et al.*, 2009) menyatakan bahwa untuk meminimalkan kehilangan kekuatan pada kemasan karton gelombang, maka ventilasi pada kemasan harus ditempatkan jauh dari garis sudut kemasan (tepi kemasan) dengan dimensi tidak boleh lebih dari 5 % dari total luas dinding kemasan. Review yang dilakukan (Pathare *et al.*, 2012) menunjukan hal serupa dimana penempatan ventilasi pada pusat permukaan kemasan merupakan posisi paling baik dalam pengemasan buah stroberi.

Total Padatan Terlarut

Sifat kimia produk segar merupakan parameter lain yang dipengaruhi oleh adanya reaksi kimia. Selama proses hidup produk, beberapa sifat kimia ini menunjukkan perubahan. Nilai total padatan terlarut, merupakan salah satu sifat kimia yang semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kematangan produk. Berdasarkan rata-rata nilai total padatan terlarut buah manggis dari masing-masing perlakuan diketahui bahwa, interaksi antar perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai total padatan terlarut yang dihasilkan. Nilai total padatan terlarut yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan cukup fluktuatif dengan nilai yang cukup

beragam. Hal ini dikarenakan sample buah yang diuji memberikan respon nilai yang berbeda- beda sebagai akibat dari pengambilan nilai tidak berasal dari satu buah yang sama.

Berdasarkan nilai rata-rata yang diambil dari 8 kali pengamatan diketahui bahwa L1V1 merupakan perlakuan yang menghasilkan rata-rata nilai TPT paling rendah yaitu sebesar 15,50 (⁰ Brix). Selanjutnya berdasarkan hasil uji lanjut diketahui bahwa perlakuan tersebut memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan L2V2 dan L2V1. Rendahnya nilai TPT pada perlakuan tersebut menjadi salah satu indikator bahwa proses kematangan buah yang terjadi pada perlakuan tersebut berjalan lebih lambat dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini sejalan dengan perubahan suhu yang terjadi dimana suhu udara pada perlakuan L1V1 cenderung lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Suhu udara yang lebih rendah pada perlakuan L1V1 menyebabkan perombakan pati menjadi gula lebih rendah dan menjadi indikator bahwa pemasakan buah juga berlangsung lebih lambat. Semakin tinggi suhu yang terdapat dalam kemasan maka proses respirasi juga terjadi semakin cepat yang mengakibatkan perombakan pati menjadi gula menjadi semakin besar (Darmawati *et al.*, 2011). Proses hindrolisa karbohidrat menjadi glukosa dan fruktosa selama proses pematangan berlangsung cenderung menyebabkan terjadi peningkatan jumlah gula pada produk dan nilai TPT menjadi semakin tinggi. Sehingga jika disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu di dalam ruang kemasan, maka tingkat pemasakan semakin cepat dan penurunan mutu yang terjadi pada buah juga akan semakin tinggi.

Tabel 1. Rata-rata nilai TPT buah manggis setelah penyimpanan ($^{\circ}$ Brix).

Perlakuan	TPT (o Brix)	Notasi
L1V1	15.30	a
L2V1	15.36	a
L2V2	15.46	a
L2V3	16.50	b
L1V2	17.86	c
L1V3	18.30	c

Keterangan: Huruf dibelakang nilai rata-rata menunjukkan nilai rendemen berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf signifikan 5%

Nilai pH

Pengukuran pH dilakukan setelah proses transportasi dan penyimpanan berakhir. Hasil pengukuran diperoleh data nilai pH rata-rata seperti terlihat pada

Tabel 2. Selanjutnya berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa interaksi antar perlakuan berpengaruh signifikan terhadap rata-rata nilai pH yang dihasilkan.

Tabel 2. Nilai rata-rata pH masing-masing unit perlakuan.

Perlakuan	pH	Notasi
L1V1	2.60	a
L2V3	2.65	b
L1V3	2.72	c
L1V2	2.82	d
L2V1	3.01	e
L2V2	3.02	e

Keterangan: Huruf dibelakang nilai rata-rata menunjukkan nilai rendemen berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf signifikan 5%

Berdasarkan data pada Tabel 2 diketahui bahwa pH terendah diperoleh pada perlakuan L1V1 yaitu buah manggis yang disimpan dalam kemasan dengan ventilasi berbentuk lingkaran yang letaknya dipusat permukaan kemasan dengan nilai pH sebesar 2,60. Selanjutnya perlakuan ini memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Nilai pH yang rendah pada perlakuan menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi pada perlakuan tersebut tidak banyak mengalami perubahan fisiologi selama buah di transportasi dan disimpan. Salah satu penyebab rendahnya perubahan fisiologis yang terjadi pada produk kemungkinan dikarenakan rendahnya respirasi yang terjadi pada produk tersebut. Hal ini juga sejalan dengan nilai total padatan terlarut yang dihasilkan.

Susut Bobot

Secara ekonomi susut bobot pada produk pertanian akan sangat merugikan, terutama bagi produk yang dijual berdasarkan beratnya seperti buah manggis. Susut bobot yang terjadi dapat menjadi salah satu indikator tingkat kerusakan yang terjadi pada buah pasca transportasi. Hasil analisis sidik ragam diperoleh bahwa interaksi antara perlakuan berpengaruh signifikan terhadap persentase susut bobot selama transportasi dan penyimpanan. Dari data diketahui bahwa persentase susut bobot terendah terdapat pada perlakuan L1V1 (letak dipusat permukaan kemasan, ventilasi tipe bundar) yaitu sebesar 2,29% sementara persentase tertinggi didapatkan pada perlakuan L2V2 yaitu sebesar 13,54% (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai rata-rata persentase susut bobot masing-masing unit perlakuan.

Perlakuan	Susut Bobot (%)	Notasi
L1V1	2.30	a
L2V3	3.75	b
L2V1	5.28	c
L1V3	6.02	d
L1V2	8.71	e
L2V2	13.54	f

Keterangan: Huruf dibelakang nilai rata-rata menunjukkan nilai rendemen berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf signifikan 5%.

Rendahnya persentase susut bobot yang terjadi pada perlakuan L1V1 disebabkan oleh tingkat kerusakan yang terjadi adalah rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya nilai susut bobot yang tinggi pada perlakuan L2V2 kemungkinan dikarenakan tingkat kerusakan yang cukup tinggi terjadi pada perlakuan tersebut. Susut bobot yang rendah pada perlakuan L1V1 kemungkinan dikarenakan beban gaya yang timbul akibat penumpukan selama transportasi menyebar secara merata sehingga, buah tidak mengalami kerusakan mekanis selama ditransportasikan dan disimpan. Nilai kuat tekan kemasan yang memiliki ventilasi yang terpusat ditengah permukaan kemasan lebih baik, sehingga mampu menahan beban gaya akibat proses penumpukan. Penggunaan kemasan tipe *fullflap* juga menjadi salah satu faktor pendukung yang memberikan keuntungan lebih selama proses transportasi. Hal ini dikarenakan, tipe kemasan tersebut mampu menahan beban yang lebih besar yang timbul akibat adanya penumpukan kemasan ketika proses transportasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan diperoleh bahwa interaksi antar perlakuan berpengaruh signifikan terhadap parameter mutu susut bobot buah manggis, TPT dan pH buah. bahwa nilai kuat tekan untuk kemasan hasil rancangan dengan dimensi 27 cm x 22 cm x 22 cm adalah sebesar 284 kgf. Selanjutnya dengan memperhitungkan nilai keamanan yang dihitung berdasarkan keamana nilai gaya Statis dan Dinamis yang dapat ditumpuk adalah sebanyak 11 kemasan tanpa menimbulkan kerusakan pada kemasan. Perlakuan L1V1 merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan susut bobot paling rendah yaitu sebesar 2,30% nilai TPT 15.30, pH 2.60.

DAFTAR PUSTAKA

- Acicani, T. Alibas, K. Zelko, I. S. 2007. Mechanical Damage to Apples during Transport in Wooden Crates. *Journal Biosystems Engineering* (2007) 96 (2), 239–248
- Arazuri, S. Jare'n, J.I. Arana, J.J. Pe'rez de Ciriza. 2007. Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Engineering* 80 (2007) 190–198
- Darmawati, E., Adhya, G., & Sakti, W. (2011). Kajian ventilasi dan perubahan suhu dalam kemasan karton dengan komoditas tomat. *Prosiding Seminar Nasional Perteta*, 2008, 21–22.
- Darmawati, E., & Kusniati, D. (2011). Rancangan Kemasan Berbasis Individu. *Proceding Perteta*, 85–93.
- Fadji, T., Berry, T. M., Coetzee, C. J., & Opara, U. L. (2018). Mechanical design and performance testing of corrugated paperboard packaging for the postharvest handling of horticultural produce. *Biosystems Engineering*, 171(2013), 220–244. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.004>
- Fadji, T., Coetzee, C., Chen, L., Chukwu, O., & Opara, U. L. (2016). Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.001>
- Fadji, T., Coetzee, C., & Opara, U. L. (2016). Compression strength of ventilated corrugated paperboard packages: Numerical modelling, experimental validation and effects of vent geometric design. *Biosystems Engineering*, 151, 231–247. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.09.010>
- L, G. M. (2011). *Rancangan Kemasan Berbahan Karton Gelombang untuk Individual Buah Manggis*. 21–22.
- Opara, U. L. (2011). From hand holes to vent holes: What's next in innovative horticultural packaging? *Inaugural Lecture*, February, 24.
- Opara, U. L., & Pathare, P. B. (2014). Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce-A review. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 9–24. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.009>
- Pathare, P. B., & Opara, U. L. (2014). Structural design of corrugated boxes for horticultural produce: A review. *Biosystems Engineering*, 125, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.06.021>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Vigneault, C., Delele, M. A., & Al-Said, F. A. J. (2012). Design of Packaging Vents for Cooling Fresh Horticultural Produce. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2031–2045. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0883-9>
- Rozana, R., Perdana, D., & Sigiro, O. N. (2021). Simulasi Transportasi Tomat Dan Perubahan Mutu Tomat Selama Penyimpanan. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 3(1), 13–20. <https://doi.org/10.24929/jfta.v3i1.1209>
- Vigneault, C., Thompson, J., & Wu, S. (2009).

Designing container for handling fresh horticultural produce. *Postharvest Technologies for Horticultural Crops*, 2(2), 25–47.

Yulianti, N., & Arda, G. (2014). the Development of Technology Bundle in Packaging of. *The Development Of Technology Bundle In Packaging Of Export Quality Of Mangosteens Transportation*.

Yulianti, N., Sutrisno, S., & Darmawati, E. (2010). Improvement of The Technology Packaging for The Transportation of Mangosteen. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 24(1), 55–60. <https://doi.org/10.19028/jtep.24.1.55-60>