

JRPB, Vol. 7, No. 1, Maret 2019, Hal. 8-16  
DOI: 10.29303/jrpb.v7i1.102  
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354  
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

**PENGARUH JENIS KEMASAN DAN FREKUENSI PENGGETARAN  
TERHADAP KERUSAKAN MEKANIS BUAH APEL MANALAGI (*Malus  
sylvestris*)**

*Effect of Packaging Types and Frequency of Vibration on Mechanical Damage of  
Manalagi Apples (*Malus sylvestris*)*

**Lita Puspita Rizka Perdana<sup>1,\*</sup>, Gunomo Djoyowasito<sup>1</sup>, Elka Musyarofatunnisa<sup>1</sup>,  
Sandra Sandra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya,  
Malang 65145

Email<sup>\*</sup>: [litapuspitarp@gmail.com](mailto:litapuspitarp@gmail.com)

Diterima: Desember 2018

Disetujui: Maret 2019

**ABSTRACT**

*Problem of Manalagi apples is mechanical damage. The treatment which must be considered during post-harvest handling is transportation. Unoptimal handling during transportation causes fruit not as fresh as the original fruit and even loses quality due to collisions and bruises on fruit surface. Mechanical damage speeds up rate of respiration that it will automatically affect to chemical content. The solution to these problems is optimal packaging. Packaging is one of determinant for better national food industry. Materials that often used as the main ingredient in apples packaging is styrofoam. However, more styrofoams used, more waste will be produced. Hence, an alternative packaging is needed which can reduce mechanical damage and not polluting the environment. The materials used for organic packaging are water hyacinth stems, banana midribs, and glycerol as plasticizers. In the vibrating process, the frequency are 2.667 Hz, 3.1 Hz, and 3.933 Hz. Organic packaging as an apple packer can keep the value of apple fruit shrinkage 0.8% better than styrofoam-packed fruit. At 2.667 Hz, the average damage for apples which packaged in organic packaging was 65 mm. In the other side, the average damage for apples which packaged in styrofoam was 64.1 mm.*

**Keywords:** *frequency, vibration of transportation, packaging, mechanical damage*

**ABSTRAK**

Permasalahan yang sering dijumpai pada buah apel Manalagi adalah kerusakan mekanis. Salah satu yang harus diperhatikan selama penanganan pasca panen adalah transportasi. Penanganan yang tidak optimal selama transportasi menyebabkan buah yang sampai ke konsumen tidak sesegar buah aslinya bahkan kehilangan kualitas akibat benturan dan memar pada permukaan buah. Kerusakan secara mekanis akan mempercepat laju

respirasi buah sehingga otomatis akan mempengaruhi kandungan secara kimiawi. Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan cara pengemasan yang optimal. Pengemasan menjadi salah satu faktor penentu kesuksesan sebuah industri pangan nasional. Bahan yang sering dimanfaatkan dalam pengemasan buah apel adalah *styrofoam*. Namun, seiring bertambahnya pemanfaatan *styrofoam* untuk mengemas buah-buahan maka meningkat pula limbah yang dihasilkan. Bahaya dari dampak *styrofoam* sangat buruk bagi lingkungan karena limbah kemasan *styrofoam* sampai saat ini masih belum dapat diatasi pemusnahannya. Sehingga, diperlukan sebuah kemasan alternatif yang bersifat organik yang mampu mengurangi kerusakan mekanis dan tidak mencemari lingkungan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan kemasan organik adalah batang eceng gondok, pelepah pisang, dan gliserol sebagai *plasticizer*. Dalam proses penggetarannya digunakan frekuensi sebesar 2,667 Hz, 3,1 Hz, dan 3,933 Hz. Penggunaan kemasan organik dapat menjaga nilai susut bobot buah apel 0,8% lebih baik jika dibandingkan dengan buah yang dikemas *styrofoam*. Pada frekuensi 2,667 Hz buah apel yang dikemas kemasan organik menghasilkan nilai kerusakan rata-rata 65 mm. Berbeda halnya dengan *styrofoam* pada frekuensi yang sama, yaitu 2,667 Hz menghasilkan kerusakan rata-rata 64,1 mm.

**Kata kunci:** frekuensi, getaran transportasi, kemasan, kerusakan mekanis

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kota Batu dan Kabupaten Malang telah berhasil menjadikan buah apel sebagai ikon karena jumlahnya yang sangat banyak. Terdapat tiga varietas apel yang dikembangkan di daerah tersebut yakni Manalagi, Rome Beauty, dan Anna. Salah satu sifat dari buah apel adalah sifat klimaterik, yaitu setelah dipanen akan mudah mengalami perubahan-perubahan sifat fisik dan kimia, yang disebabkan oleh berlanjutnya kegiatan metabolisme. Kerusakan-kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh kerusakan mekanis, fisik, mikrobiologis, dan proses fisiologis. Buah klimakterik membutuhkan periode simpan hingga dapat dikonsumsi (Cortesa, *et al.*, 2015). Akibatnya buah apel mempunyai umur simpan yang relatif pendek sehingga mempengaruhi mutu simpan buah. Mutu simpan buah erat kaitannya dengan proses respirasi dan transpirasi selama penanganan dan penyimpanan.

Salah satu hal yang harus diperhatikan selama penanganan pasca panen adalah transportasi. Penanganan yang tidak optimal selama transportasi menyebabkan buah yang sampai ke konsumen tidak

sesegar buah aslinya bahkan kehilangan kualitas akibat benturan dan terjadi memar pada permukaan buah. Dalam perjalanan, tumpukan buah apel akan mengalami tekanan, getaran dan gesekan akibat kondisi jalan yang tidak rata, jarak tempuh yang sangat jauh, dan kecepatan laju kendaraan. Sehingga besar kecilnya amplitudo, frekuensi, dan lama getaran selama transportasi pengangkutan buah apel menjadi salah satu faktor kerusakan buah secara mekanis atau kimia. Kerusakan secara mekanis akan mempercepat laju respirasi pada buah sehingga secara otomatis akan mempengaruhi kandungan secara kimiawi. Selama sepuluh tahun terakhir, ada beberapa penelitian yang memantau kualitas produk segar selama transportasi aktual di Asia (Jarimopas *et al.*, 2005; Zhou *et al.*, 2007; Chonhenchob *et al.*, 2009; Ishikawa *et al.*, 2009). Sebagian besar studi di bidang transportasi terutama difokuskan pada tingkat getaran, yang disebutkan dalam bagian 2.5 (getaran selama transportasi aktual).

Di era pasar global, pengemasan menjadi salah satu faktor penentu kesuksesan sebuah industri pangan nasional. Bahan-bahan yang sering dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam

pembuatan kemasan buah apel yaitu *styrofoam*. Fungsi kemasan selain sebagai daya tarik terhadap konsumen, juga sebagai faktor yang menentukan mutu suatu produk setelah mengalami perjalanan dari tempat produksi hingga ke konsumen, termasuk penerapannya pada pengemasan buah-buahan.

Namun, seiring bertambahnya pemanfaatan *styrofoam* untuk mengemas buah-buahan maka meningkat pula limbah yang dihasilkan. Bahaya dari dampak *styrofoam* sangat buruk bagi lingkungan karena limbah kemasan *styrofoam* sampai saat ini masih belum dapat diatasi pemusnahannya, mengingat bahan dari kemasan *styrofoam* tersebut tidak mudah diuraikan alam. Apabila pemusnahannya dilakukan dengan cara pembakaran akan mengeluarkan berbagai zat berbahaya termasuk benzena yang dilepas ke udara. Oleh karena itu, diperlukan sebuah kemasan alternatif yang bersifat organik yang mampu mengurangi kerusakan mekanis dan tidak mencemari lingkungan.

### Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sebuah alternatif pengganti *styrofoam* yang berfungsi sebagai bantalan untuk meredam getaran dan memiliki ketahanan terhadap tekanan dan tumpukan seperti fungsi dari *styrofoam*.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

#### 1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini, antara lain, timbangan digital untuk menimbang komposisi bahan, pisau atau gunting untuk memotong bahan, panci sebagai wadah ketika bahan dimasak, kompor sebagai media memanaskan bahan, cetakan sebagai pencetak kemasan organik, blender untuk menghaluskan bahan, dan *stopwatch* untuk menghitung waktu simulasi transportasi.

#### 2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain, batang eceng gondok sebagai bahan serat kemasan organik, pelepah pisang sebagai bahan pendamping kemasan organik, gliserol sebagai *plasticizer*, air sebagai penghomogen bahan, dan buah apel manalagi dengan diameter 6 cm sebagai objek penelitian.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki dua tahap untuk memperoleh data. Tahap pertama adalah pembuatan kemasan organik dan tahap kedua adalah analisa kerusakan yang terjadi pada buah apel setelah dilakukan penggetaran dengan berbagai frekuensi. Frekuensi yang dipilih antara lain 2,5 Hz, 3 Hz, dan 3,5 Hz putaran motor dalam 120 menit penggetaran.

#### a. Pembuatan Kemasan Organik

Pembuatan kemasan organik menggunakan bahan utama eceng gondok dan pelepah pisang. Selain keduanya diperlukan bahan tambahan yaitu gliserol sebagai *plasticizer* sesuai metode (Musyarofatunnisa, 2018).

#### b. Analisa Kerusakan Buah Apel

Analisa kerusakan pada buah apel dilakukan dengan cara yaitu menghitung luas area yang mengalami kerusakan mekanis. Selain itu dilakukan analisa susut bobot yang terjadi pada buah apel setelah diberi perlakuan penggetaran.

##### 1. Pengukuran Luasan Memar

Pengamatan yang dilakukan terhadap buah apel adalah kerusakan mekanis akibat simulasi getar. Kriteria kerusakan meliputi kerusakan mekanis yang berupa memar dan luka gores. Luas area yang mengalami kerusakan mekanis digambar pada plastik kemudian disalin pada kertas millimeter

blok. Area arsiran yang terdapat pada kertas millimeter blok kemudian dihitung sebagai luas area yang terdapat luka ataupun memar. Pengamatan kerusakan mekanis dilakukan pada hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-6 setelah penggetaran untuk mengetahui penambahan luas area memar.

## 2. Uji Susut Bobot Buah

Pengukuran susut bobot buah diukur pada hari ke-0 hingga hari ke-6. Setelah dilakukan simulasi getar dengan menggunakan timbangan digital.

$$\% \text{ Susut Bobot} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana a adalah berat sampel apel awal pada hari ke-0 (g), b adalah berat sampel apel pada hari ke-n (g) (hari ke, 1, 2, 3, 4, 5 dan 6)

5. *Penetrometer* dilepas dan dibaca angka yang tertera pada *display*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Kemasan

Penggunaan kemasan yang tepat dan bahan bantalan membantu meningkatkan masa simpan buah. Bahan bantalan yang berbeda memiliki kapasitas yang berbeda untuk menyerap uap air dan gas yang diproduksi dari buah-buahan dan dengan demikian mengubah umur simpan buah. Selain itu, bantalan buah juga membantu melindungi buah dari kerugian fisiologis selama transportasi. Pada pembahasan ini dikemukakan beberapa kekurangan dan kelebihan kemasan yang digunakan pada penelitian. Jenis kemasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis bahan organik (serat eceng gondok dan serat pelepah pisang) dan *styrofoam (net foam)*

**Tabel 1.** Analisis Perbandingan kemasan organik dengan *styrofoam (net foam)*

No	Hal	Kemasan Organik	<i>Styrofoam (Net Foam)</i>
1	Keamanan lingkungan	Bersifat biodegradabel	Bersifat non-biodegradabel
2	Ketersediaan bahan	Bahan mudah didapatkan	Termasuk dalam bahan alam yang suatu saat akan habis keberadaanya
3	Tekstur	Empuk, kurang elastis	Empuk dan elastis
4	Kuat tarik	0,00125 kgf/mm <sup>2</sup>	0,06 kg f/mm <sup>2</sup>
5	Kuat tekan	0,31 kg	0,55 kg

### 3. Uji Tekstur Kemasan

Tekstur buah dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Sampel dari setiap kemasan dibuat 3 tumpukan untuk menghasilkan tumpukan yang tebal
2. Sampel diletakkan di tegak lurus dengan jarum kemudian jarum diatur hingga menyentuh sampel
3. *Display* pada *penetrometer* diatur hingga menunjukkan angka 0 stabil
4. *Penetrometer* ditekan hingga jarum masuk kedalam sampel

yang berasal dari bahan anorganik.

Kemasan organik yang digunakan merupakan jenis bahan biomaterial yang tentunya bersifat biodegradabel. Kemasan organik ini telah dirancang sedemikian rupa agar menghasilkan permukaan yang empuk (lunak) agar dapat meredam getaran.

Bahan yang ditambahkan pada campuran serat eceng gondok dan pelepah pisang adalah gliserol. Gliserol adalah bahan *plasticizer* yang mampu membuat bahan lebih mengembang dan menghasilkan tektur empuk (lunak). Diharapkan bahan organik ini memiliki kemampuan yang sama dengan *styrofoam (net foam)* dengan komposisi tertentu.

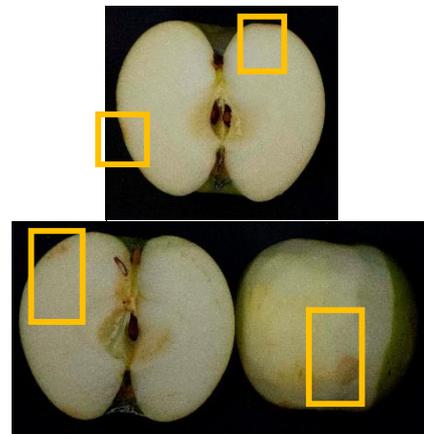
Adapun perbandingan kemasan organik dengan *styrofoam* (*net foam*) dapat dilihat pada Tabel 1.

## 2. Kesetaraan Getaran

Getaran dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai besarnya kerusakan mekanis yang terjadi pada buah selama transportasi. Simulasi ini disetaran pada jalan luar kota dengan kondisi jalan yang rata. Simulasi dilakukan pada meja getar dengan arah getaran arah vertikal dengan amplitudo 2 cm dengan frekuensi 2,667 Hz, 3,1 Hz, dan 3,933 Hz. Nilai frekuensi didapatkan dari putaran motor yang dihitung melalui tachometer sebesar 150 rpm, 180 rpm, dan 210 rpm lalu dikonversi menjadi nilai Herzt (Hz). Dari perhitungan sebelumnya telah diperoleh bahwa dengan amplitudo 2 cm dan frekuensi 2,667 Hz setara dengan perjalanan sejauh 69,144 km selama 2 jam. Pada frekuensi 3,1 Hz setara dengan perjalanan sejauh 69,138 km selama 2 jam. Pada frekuensi 3,933 Hz setara dengan perjalanan sejauh 69,1412 km selama 2 jam. Dipilihnya gerakan vertikal dalam penelitian ini didasari pada komponen getaran kendaraan dengan efek terbesar selama transportasi adalah getaran vertikal karena komponen getaran di *vertical direction* lebih besar dari yang lain. Oleh karena itu, efek dari getaran vertikal diselidiki dengan mengabaikan komponen getaran yang lain dalam kebanyakan penelitian. Penyebab utama kerusakan buah di perjalanan adalah akselerasi vertikal yang diterapkan pada kontainer. Metode terbaik untuk menyelidiki efek operasi ini adalah kondisi jalan yang nyata tetapi cukup sulit untuk mengendalikan variabel dalam kondisi ini. Oleh karena itu, sinyal getaran acak atau sinusoidal digunakan untuk melakukan eksperimen yang terkait dengan transportasi buah dan sayuran (ISO, 2001) (O'Brien et al., 1965; O'Brien dan Guillou, 1969; Chesson dan O'Brien, 1971)

## 3. Pengaruh Frekuensi terhadap Proses Memar Buah

Besarnya frekuensi yang diberikan pada proses penggetaran akan mempengaruhi kerusakan mekanis yang terjadi. Kerusakan yang terjadi pada buah apel pada penelitian ini adalah luka memar. Luka memar ditandai dengan adanya perubahan warna coklat pada kulit yang bisa menembus daging. Luka memar ini terjadi akibat adanya tekanan dan benturan buah yang besar akibat gerak vertikal meja getar. Seperti percobaan yang dilakukan oleh Wang, *et al.* (2018) dampak tumbukan buah ke buah dapat menyebabkan kerusakan mekanis pada buah lengkeng dengan waktu tumbukan yang cukup.



**Gambar 1.** Luka Memar pada Apel saat setelah 1 hari penggetaran

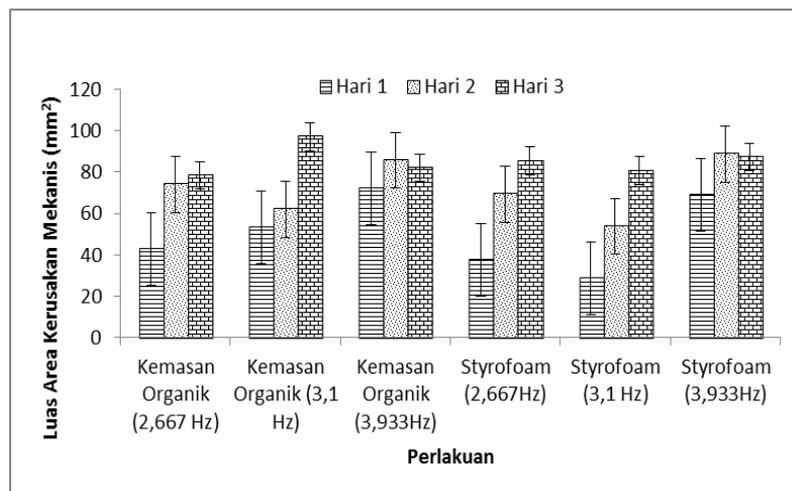
Dari gambar 1 terlihat bahwa memar yang terjadi pada buah apel setelah penggetaran bertambah besar luasan dan volumenya dengan bertambahnya waktu penyimpanan, memar ini disebabkan oleh gaya mekanik yang diterima buah apel selama proses penggetaran. Gaya-gaya yang diterima buah apel meliputi gaya tekan, gaya geser atau benturan. Pertambahan luasan ini berangsur dari luasan yang kecil hingga luasannya menjadi bertambah besar. Memar pada buah apel setelah perlakuan ini akan ditandai dengan berubahnya warna daging buah apel dari putih menjadi coklat. Memar muncul sebagai bintik-bintik hitam pada permukaan produk karena terjadi kontak antara produk dan badan lainnya

(Blahovec and Papr̃stein, 2005). Memar dapat disebabkan oleh satu atau lebih jenis kontak (Brusewitz *et al.*, 1989; Vergano *et al.*, 1991), yaitu benturan, kompresi, dan getaran. Bukti fisik memar adalah kerusakan sel dan perubahan warna *sub sequent browning*. Ketika mengalami stres, sel-sel individu terdistorsi yang mengarah ke ekstensi dinding sel dan akhirnya terjadi kerusakan (Schoorl and Holt, 1983).

Menurut Li dan Colin (2014) Kompresi akibat getaran juga menyebabkan memar dan retak. Kerusakan kompresi terjadi terutama selama atau setelah pengemasan akibat memaksakan terlalu banyak produk dalam suatu wadah. Sementara buah-buahan seperti melon harus dikemas cukup kuat untuk menghindari gesekan, mereka tidak boleh diisi dengan

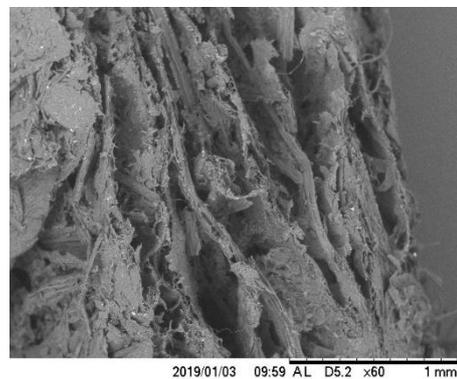
sangat ketat sehingga permukaan melengkung mereka menjadi rata.

Gambar 2 menunjukkan hubungan frekuensi dengan luas area memar telah mengalami kenaikan yang mencolok di tiap frekuensi dan penambahan hari. Dari grafik tampak bahwa semakin lama waktu simpan area memar semakin meluas, berbanding lurus dengan besarnya frekuensi yang diberikan pada apel dengan kemasan organik. Jika dibandingkan dengan kontrol, nilai area kerusakan lebih kecil jika dibandingkan dengan kemasan organik. Hal ini diduga faktor kekasaran kemasan organik yang terasa lebih kasar jika dibandingkan dengan kemasan *Styrofoam*, sehingga membuat beberapa goresan pada kulit buah apel.

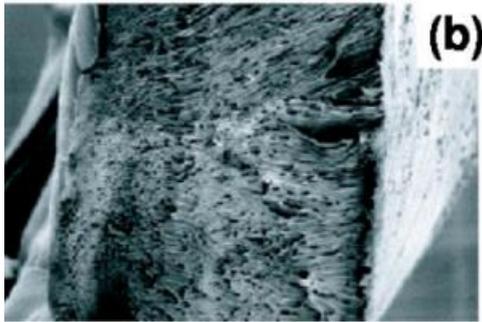


**Gambar 2.** Hubungan Frekuensi Getaran dengan Luas Area Memar Buah

Kekasaran permukaan kemasan organik dapat dilihat pada gambar 3 yang dibandingkan dengan permukaan plastik *foam*.



(Hasil Pengujian, 2019)  
(a)



(Takamatsu *et al.*, 2003)

(b)

**Gambar 3.** SEM (a) Kemasan Organik (b) Plastik *foam* secara *cross section*

Penggunaan kemasan organik di tiap frekuensi menghasilkan rentang nilai kerusakan mekanis yang memiliki selisih yang tinggi. Pada frekuensi 2,667 Hz kemasan organik menghasilkan nilai kerusakan rata-rata 65 mm. Berbeda halnya dengan styrofoam pada frekuensi yang sama yaitu 3,1 Hz menghasilkan nilai rata-rata 64,1 mm. Pada frekuensi 3,933 Hz kemasan organik masih memiliki nilai kerusakan yang tinggi pada hari ketiga jika dibandingkan *styrofoam*. Sedangkan kemasan organik pada frekuensi 3,933 Hz memiliki selisih yang sedikit pada setiap hari pengukuran.

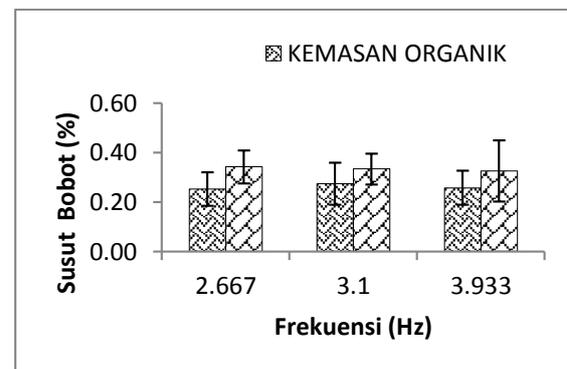
Perubahan warna coklat yang terjadi pada buah apel disebabkan oleh dua hal, antara lain proses oksidasi dan enzimatis. Menurut Blackwell (2012) enzim dapat kontak dengan substrat yang biasanya merupakan asam amino tirosin dan komponen fenolik seperti katekin, asam kafeat, dan asam klorogena sehingga substrat fenolik pada tanaman akan dihidroksilasi menjadi 3,4-dihidroksifenilalanin (*dopa*) dan dioksidasi menjadi kuinon oleh enzim *phenolase*.

Selain adanya pengaruh frekuensi dan lama penyimpanan, kerusakan mekanis awal pada penelitian ini terdapat pada bagian samping buah hal ini dikarenakan buah apel dalam posisi horizontal dan mendapat gaya tekan yang besar sehingga bagian samping buah apel menerima pembebanan lebih besar dari bagian tengah buah yang berada di atas. Tetapi kerusakan

pada bagian samping buah belum dapat dilihat secara visual setelah dilakukan simulasi transportasi karena buah apel masih terlihat bagus. Hanya terlihat bercak coklat saat satu hari setelah penggetaran dan warna akan berubah coklat gelap 7 hari setelah penggetaran.

#### 4. Hubungan Frekuensi dan Perbedaan Kemasan terhadap Susut Bobot Buah Apel

Pada penelitian ini dilakukan dua perlakuan jenis kemasan, antara lain menggunakan kemasan organik dan *styrofoam* jaring. Tujuan dari dilakukannya perbedaan kemasan adalah untuk membandingkan kualitas kemasan terhadap sifat fisik buah apel berupa susut bobot. Pengukuran susut bobot dilakukan selama 5 hari pengujian dibiarkan sesuai dengan suhu lingkungan. Susut bobot akan dipengaruhi oleh umur simpan sekaligus kondisi kulit buah apel yang mengalami proses respirasi akibat kerusakan mekanis yang dialami. Gambar 4 menunjukkan pengaruh getaran dan perbedaan kemasan terhadap susut bobot buah apel pada masing-masing frekuensi.



**Gambar 4.** Persentase Susut Bobot Buah Apel dengan Perbedaan Kemasan

Susut bobot pada Gambar 4 terlihat bahwa frekuensi getaran tidak berpengaruh terhadap susut bobot buah apel. Namun, kemasan organik membuat buah apel sedikit mengalami susut bobot jika dibandingkan penggunaan *styrofoam*. Selain itu, *styrofoam* merupakan bahan

anorganik yang dapat memberikan dampak panas pada buah saat dikemas, sehingga proses respirasi pada buah juga akan semakin tinggi jika dibandingkan dengan kemasan organik yang tidak memberikan dampak terhadap respirasi buah. Hal ini menjadikan alasan mengapa susut bobot buah yang dikemas *styrofoam* lebih tinggi dibandingkan buah yang dikemas kemasan organik. Penggunaan kemasan organik yang terbuat dari kombinasi serat eceng gondok dan pelepah pisang sebagai pengemas buah apel dapat menjaga nilai susut bobot buah apel 0,8% lebih baik jika dibandingkan dengan buah yang dikemas *styrofoam*. Kejadian sama juga dialami oleh Sharma, *et al.* (2010) yang menunjukkan data buah yang dikemas menggunakan bahan anorganik (LDPE) memiliki susut bobot yang tinggi sebesar 8,5% jika dibandingkan dengan bahan polimer polyolefin (organik berupa karet alam) sebesar 7,5%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Abhay *et al.* (2017) menyatakan bahwa *wrapping* yang direkayasa dapat mengurangi penyusutan, melindungi hasil dari insiden penyakit jamur, mengurangi kerusakan mekanis dan memberikan permukaan yang bagus untuk ditempelkan label. Penggunaan *wrap* dengan bahan polimer memiliki keunggulan besar dalam mengurangi kehilangan kelembaban dari buah. Ini juga melindungi buah dari beberapa kerusakan oleh abrasi selama transportasi.

### KESIMPULAN

Penggunaan kemasan organik yang terbuat dari kombinasi serat eceng gondok dan pelepah pisang sebagai pengemas buah apel dapat menjaga nilai susut bobot buah apel 0,8% lebih baik jika dibandingkan dengan buah yang dikemas *styrofoam*. Pada frekuensi 2,667 Hz kemasan organik menghasilkan nilai kerusakan rata-rata 65 mm. Berbeda halnya dengan *styrofoam* pada frekuensi yang sama yaitu 2,667 Hz menghasilkan kerusakan rata-rata 64,1 mm.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abhay, K.T., Ramesh K., Vidya B.S. dan Indu S.S. (2017). Effectiveness of Shrink-wrap Packaging on Extending the Shelf-life of Apple. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 6 (12): 2365-2374
- Blackweel, Wiley. (2012). Food Biochemistry and Food Processing, 2nd (ed). New York
- Blahovec, J. dan Papršrein, F. (2005). Susceptibility of pear varieties to bruising. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 231-238.
- Brusewitz, G.H. dan Bartsch, J.A. (1989). Impact parameters related to post harvest bruising of apples'. *Transactions of the ASAE*, 32 (3): 953-957.
- Chesson, J.H. dan M. O'Brien. (1971). Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. *Transactions of the ASAE*, 14: 222-224.
- Chonhenchob, V., Sittipod, S., Swasdee, P., Rachtanapun, S., Singh, S.P. and Singh, J. (2009). Effect of truck vibration during transport on damage to fresh produce shipments in Thailand. *Journal of Applied Packaging Research*, 3 (1): 27-38.
- Cortesa, V., C. Ortiz., N. Aleixos., J. Blascod., S. Cuberod, and P. Talens. (2015). A new internal quality index for mango and its prediction by external visible and near infrared reflection spectroscopy. *J. Postharvest Biology and Technology*. 118: 148-158.
- Ishikawa, Y., Katazawa, H. and Shina, T. (2009). Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport - Cherry Transport from Yamagata to Taipei. *The Japan Agricultural Research Quarterly* 43, (2): 129-135.
- ISO. (2001). Packing-complete, filled transport packages and unit-loadsvertical random vibration test

- (ISO/FDIS-13355). International Standard, Geneva
- Jarimopas, B., Singh, S. P. and Saengnil, W. (2005). Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. *Packaging Technology and Science* 18: 179-188.
- Li, Zhiguo and Colin Thomas. (2014). Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology* 35: 138-150
- Musyarofatunnisa, E. (2018). Pengaruh Penambahan Gliserol pada Kemasan Primer Organik Terhadap Karakteristik Kemasan dan Sifat Mekanis Buah Apel (*Malus sylvestris Mill*). Skripsi. Jurusan Keteknikan Pertanian. Universitas Brawijaya
- O'Brien, M., and R. Guillou. (1969). An in-transit vibration simulator for fruit-handling studies. *Transactions of the ASAE* 12(1): 94-97.
- O'Brien, M., J. P. Gentry, dan R. C. Gibson. (1965). Vibrating characteristics of fruit as related to in-transit injury. *Transactions of the ASAE* 8(2): 241-243.
- Schoorl, D. and Holt, J. E. (1983). Bruise resistance measurements in apples, *Journal of Texture Studies* 11: 389-394.
- Sharma, R.R, Pal, R.K., Singh, D., Samuel, D.V.K., Kar, A., and Asrey, R. (2010). Storage life and fruit quality of individually shrink-wrapped apples (*Malus domestica*) in zero energy cool chamber. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 80 (4): 338-41.
- Takamatsu, A., Ozaki, N., Tanaka, K.A., Ono, T., Nagai, K., Watari, T., Sunahara, A., Nakano, M., Kataoka, T., Takenaka, H., Yoshida, M., Kondo, K. and Yamanaka, T. (2003). Equation-of-state measurements of polyimide at pressures up to 5.8 TPa using low-density foam with laser-driven shock waves. *Physical Review E* 67, 056406
- Vergano, P.J., Testin, R.F. and Newall, W. C. (1991). Peach bruising: Susceptibility to impact, vibration, and compression abuse'. *Transactions of the ASAE* 34 (5): 2110-2116.
- Wang, W., Yang, Z., Lu, H., and Fu, H. (2018). Mechanical Damage caused by fruit to fruit impact of litchis. *IFAC Papers Online* 51-17, 532-535
- Zhou, R., Su, S., Yan, L. dan Li, Y. (2007). Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Huanghua). *Postharvest Biology and Technology*, 46, 20-28.