

## EVALUASI PENGGUNAAN LAYER *SEAT FOAM* UNTUK MENGURANGI KETERJADIAN *NEW BRUISE* PADA SINGLE DAN MINI GUAVA SELAMA PENANGANAN PASCAPANEN

*Evaluation of Seat Foam Layer Application to Reduce New Bruise Incidence  
in Single and Mini Guava during Postharvest Handling*

**Siti Salma Adawiyah<sup>1</sup>, Gandhi Admiartha<sup>2</sup> dan I Putu Suparhana<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Jalan Raya  
Kampus Unud No. 2013, Jimbaran, Badung, Bali, 80361

<sup>2</sup>Great Giant Food (GGF) Sequis Tower, Level 39 - 40, Jl. Jendral Sudirman Kav. 71, SCBD Lot  
11B, Jakarta Selatan - 12190, Indonesia

Diterima 19 Januari 2026 / Disetujui 3 Februari 2026

### ABSTRAK

Kerusakan mekanis berupa *new bruise* menjadi salah satu permasalahan utama pada distribusi buah segar karena dapat menurunkan mutu visual dan nilai ekonomi produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah layer *seat foam* terhadap keterjadian *new bruise* pada single dan mini guava selama proses penyusunan buah di dalam box. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial  $2 \times 4$  dengan faktor pertama berupa tipe guava (single dan mini guava) dan faktor kedua berupa jumlah layer *seat foam* (0, 1, 2, dan 3 layer). Selain itu digunakan *commercial grading-line control* sebagai kontrol eksternal yang dianalisis secara terpisah. Parameter utama yang diamati adalah keterjadian *new bruise* (%). Data dianalisis menggunakan ANOVA dua arah dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah layer *seat foam* mampu menurunkan keterjadian *new bruise* pada kedua tipe guava. Pada single guava, keterjadian *new bruise* menurun dari 49% pada perlakuan tanpa layer menjadi 28% pada perlakuan 3 layer. Sementara itu pada mini guava, keterjadian *new bruise* menurun dari 83% menjadi 34%. Mini guava menunjukkan tingkat kerentanan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan single guava pada seluruh perlakuan. Terdapat pola interaksi antara tipe guava dan jumlah layer *seat foam*, dimana efektivitas penggunaan *seat foam* lebih besar pada mini guava. Perlakuan 3 layer *seat foam* menghasilkan performa terbaik dalam menekan keterjadian *new bruise* dan menunjukkan hasil lebih baik dibandingkan *commercial grading-line control*. Penggunaan *seat foam* berpotensi diterapkan sebagai metode sederhana dan efektif untuk mengurangi kerusakan mekanis pada distribusi jambu kristal.

**Kata kunci:** *Cushioning packaging*; Guava; Kerusakan mekanis; *New bruise*; *Seat foam*

### ABSTRACT

*Mechanical damage in the form of new bruise is one of the major problems during fresh fruit distribution because it reduces visual quality and economic value. This study aimed to evaluate the effect of seat foam layer number on new bruise incidence in single and mini guava during fruit arrangement inside carton boxes. The experiment was arranged using a  $2 \times 4$  factorial completely randomized design (CRD), with guava type (single and mini guava) as the first factor and seat foam layer number (0, 1, 2, and 3 layers) as the second factor. A commercial grading-line treatment was used as an external control and analysed separately. The main observed parameter was new bruise incidence (%). Data were analysed using two-way ANOVA followed by Tukey's test at a 95% confidence level. The results showed that increasing the number of seat foam layers reduced new bruise incidence in both guava types. In single guava, new bruise incidence decreased from 49% in the treatment without seat foam to 28% in the 3 layer treatment.*

<sup>\*</sup>)Korespondensi penulis:  
Email: suparhana@unud.ac.id

*Meanwhile, in mini guava, new bruise incidence decreased from 83% to 34%. Mini guava showed higher susceptibility to mechanical damage compared to single guava in all treatments. An interaction pattern between guava type and seat foam layer number was observed, indicating that the cushioning effect was more pronounced in mini guava. The 3 layer seat foam treatment produced the best performance in reducing new bruise incidence and showed better results than the commercial grading-line control. Therefore, the application of seat foam has potential as a simple and effective approach to reduce mechanical damage during crystal guava distribution.*

**Keyword:** *Cushioning packaging; Guava; Mechanical damage; New bruise; Seat foam*

## PENDAHULUAN

Buah segar merupakan komoditas hortikultura yang memiliki tingkat kerusakan pascapanen relatif tinggi akibat sifatnya yang mudah mengalami perubahan fisiologis maupun kerusakan mekanis selama proses handling, penyimpanan, dan distribusi. Salah satu bentuk kerusakan pascapanen yang paling umum terjadi pada buah segar adalah *bruise damage* atau memar mekanis. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh benturan, tekanan, maupun gesekan yang terjadi selama proses panen, pengemasan, transportasi, dan pemasaran produk hortikultura. Kerusakan mekanis tidak hanya menurunkan mutu visual buah, tetapi juga dapat mempercepat respirasi, meningkatkan kehilangan air, mempercepat deteriorasi jaringan, serta menurunkan nilai ekonomi dan penerimaan konsumen terhadap produk segar (Opara and Pathare, 2014).

Jambu biji kristal (*Psidium guajava* L.) merupakan salah satu komoditas buah tropis yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak diminati konsumen karena memiliki rasa manis, tekstur renyah, serta kandungan vitamin C yang tinggi. Namun demikian, jambu kristal termasuk buah yang cukup sensitif terhadap kerusakan mekanis selama penanganan pascapanen. Permukaan kulit buah yang relatif lunak menyebabkan buah mudah mengalami memar akibat tekanan dan gesekan selama proses distribusi. Kerusakan mekanis pada guava umumnya muncul dalam bentuk *new bruise* berupa lebam gesekan, lebam benturan, maupun lebam tusukan yang dapat menurunkan kualitas visual buah secara signifikan. Menurut Htike et al. (2024), guava memiliki sensitivitas tinggi terhadap

kerusakan benturan (*impact bruising*), terutama ketika buah mengalami kontak mekanis berulang selama proses handling dan transportasi.

Kerusakan mekanis pada buah segar dapat diminimalkan melalui penerapan sistem pengemasan yang tepat. Penggunaan material bantalan (*cushioning material*) pada sistem pengemasan hortikultura diketahui mampu mengurangi energi benturan, menurunkan tekanan mekanis, serta mengurangi gesekan antar buah selama distribusi (Kader, 2002; Thompson et al., 2002). Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan *seat foam* sebagai lapisan pelindung antar buah di dalam kemasan box. Material bantalan tersebut berfungsi untuk mengurangi kontak langsung antar buah dan menjaga stabilitas posisi buah selama handling dan transportasi. Penelitian Chaiwong et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan *cushioning packaging* berbasis natural rubber latex mampu menurunkan kerusakan getaran (*vibration damage*) pada guava selama simulasi transportasi.

Selain jenis material pelindung, efektivitas sistem pengemasan juga dipengaruhi oleh karakteristik fisik produk yang dikemas, termasuk ukuran, bentuk, dan konfigurasi penyusunan buah di dalam kemasan. Mini guava yang memiliki ukuran lebih kecil cenderung disusun dalam jumlah lebih banyak sehingga berpotensi mengalami intensitas kontak mekanis yang lebih tinggi dibandingkan single guava. Kondisi tersebut diduga meningkatkan risiko terjadinya gesekan dan benturan antar buah selama proses distribusi. Namun demikian,

penelitian mengenai pengaruh jumlah layer *seat foam* terhadap terjadinya *new bruise* pada perbedaan tipe guava, khususnya single dan mini guava, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pengembangan material kemasan, simulasi transportasi, atau evaluasi kerusakan mekanis secara umum tanpa mengkaji konfigurasi penyusunan buah di dalam box komersial.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah layer *seat foam* terhadap terjadinya *new bruise* pada single dan mini guava selama proses penyusunan di dalam box. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan respons kerusakan mekanis antara kedua tipe guava serta mengevaluasi efektivitas penggunaan *seat foam* dibandingkan sistem penyusunan komersial yang diterapkan pada grading line perusahaan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Sistem Pengemasan

Penelitian ini menggunakan buah jambu kristal (*Psidium guajava* L.) yang diperoleh dari Packing House Guava PT Great Giant Pineapple, Lampung Tengah, Indonesia. Buah yang digunakan merupakan buah grade A dengan tingkat kematangan  $\pm 78-80\%$  berdasarkan standar internal perusahaan.

Single guava merupakan buah jambu kristal berbentuk simetris dengan bobot sekitar 180–229 g/buah dan dikemas menggunakan karton box berkapasitas 3 kg. Mini guava merupakan buah jambu kristal berukuran lebih kecil yang dikemas menggunakan standing pouch polypropylene sebelum disusun ke dalam karton box.

Bahan pengemas yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seat foam sebagai pelindung mekanis antar buah dan karton box sebagai kemasan distribusi. Seat foam diaplikasikan pada beberapa tingkat perlakuan untuk mengurangi kerusakan mekanis akibat benturan, tekanan, dan gesekan selama proses penyusunan dan penyimpanan buah.

### Rancangan Percobaan

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial  $2 \times 4$ . Faktor pertama adalah tipe guava yang terdiri atas:

- single guava, dan
- mini guava.

Faktor kedua adalah jumlah layer seat foam yang terdiri atas:

- 0 layer,
- 1 layer,
- 2 layer, dan
- 3 layer.

Dengan demikian diperoleh 8 kombinasi perlakuan faktorial.

Selain perlakuan faktorial tersebut, digunakan satu perlakuan kontrol eksternal berupa single guava tanpa seat foam yang diambil langsung dari commercial grading line perusahaan. Perlakuan kontrol ini tidak dimasukkan ke dalam rancangan faktorial dan dianalisis secara terpisah sebagai pembandingan komersial (*commercial control*). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap terjadinya *new bruise* yang muncul setelah proses penyusunan buah di dalam box.

### Perlakuan Penyusunan Buah

Pada perlakuan single guava, buah disusun secara manual di dalam karton box sesuai jumlah layer seat foam yang diberikan. Perlakuan terdiri atas:

- tanpa layer seat foam,
- 1 layer seat foam per 15 buah,
- 2 layer seat foam per 15 buah, dan
- 3 layer seat foam per 10 buah.

Pada perlakuan mini guava, buah terlebih dahulu dikemas menggunakan standing pouch polypropylene, kemudian disusun di dalam karton box sesuai perlakuan:

- tanpa layer seat foam,
- 1 layer seat foam per 30 buah,
- 2 layer seat foam per 20 buah, dan
- 3 layer seat foam per 15 buah.

Perlakuan kontrol eksternal menggunakan single guava tanpa seat foam yang berasal dari line grading komersial perusahaan.

### Parameter Pengamatan

Parameter utama yang diamati dalam penelitian ini adalah keterjadian *new bruise* (%). Pengamatan dilakukan secara visual setelah proses penyusunan dan penyimpanan buah di dalam box. *New bruise* didefinisikan sebagai kerusakan mekanis baru yang muncul setelah perlakuan penyusunan, meliputi:

- lebam gesekan,
- lebam benturan, dan
- lebam tusukan.

Nilai keterjadian *new bruise* dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{New bruise incidence (\%)} = \frac{\text{Jumlah buah mengalami new bruise}}{\text{Jumlah total buah}} \times 100$$

Selain pengamatan total *new bruise*, dilakukan pula identifikasi jenis kerusakan dominan yang muncul pada masing-masing perlakuan.

### Analisis Statistik

Data keterjadian *new bruise* dianalisis menggunakan analisis ragam (*analysis of variance* / ANOVA) dua arah untuk mengevaluasi pengaruh tipe guava, jumlah layer seat foam, dan interaksi kedua faktor terhadap keterjadian *new bruise*. Sebelum dilakukan ANOVA, data diuji normalitas menggunakan uji Shapiro–Wilk dan homogenitas ragam menggunakan uji Levene. Data berbentuk persentase ditransformasi menggunakan transformasi arcsine apabila diperlukan untuk memenuhi asumsi ANOVA. Apabila perlakuan berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 95% ( $P < 0,05$ ), maka analisis dilanjutkan menggunakan uji Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*). Perlakuan kontrol komersial dibandingkan secara terpisah dengan perlakuan terbaik hasil faktorial menggunakan *independent sample t-test* karena kontrol tersebut tidak termasuk ke dalam struktur rancangan faktorial seimbang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh jumlah layer seat foam terhadap keterjadian *new bruise*

Hasil pengamatan (Tabel 1) menunjukkan bahwa peningkatan jumlah

layer seat foam mampu menurunkan keterjadian *new bruise* pada buah jambu kristal baik pada single guava maupun mini guava selama proses penyusunan di dalam box. Secara umum, perlakuan tanpa seat foam menghasilkan persentase *new bruise* tertinggi, sedangkan perlakuan 3 layer menunjukkan persentase *new bruise* terendah.

Pada single guava, perlakuan tanpa seat foam menghasilkan keterjadian *new bruise* sebesar 49%, sedangkan perlakuan 3 layer mampu menurunkannya hingga 28%. Tren penurunan yang sama juga terlihat pada mini guava, dimana keterjadian *new bruise* menurun dari 83% pada perlakuan tanpa layer menjadi 34% pada perlakuan 3 layer. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan layer seat foam memberikan efek proteksi mekanis yang efektif dalam menekan kerusakan fisik selama proses penyusunan dan penyimpanan buah di dalam kemasan box.

Penurunan keterjadian *new bruise* pada perlakuan dengan penambahan layer seat foam menunjukkan bahwa material bantalan mampu berfungsi sebagai *cushioning barrier* yang efektif dalam meredam energi benturan dan mengurangi kontak langsung antar buah selama proses handling dan distribusi. Penggunaan material pelindung dalam sistem pengemasan hortikultura diketahui dapat membantu mendistribusikan tekanan mekanis secara lebih merata sehingga mampu menurunkan risiko kerusakan akibat benturan dan kompresi selama transportasi (Kader, 2002; Thompson et al., 2002). Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Chaiwong et al. (2023) yang melaporkan bahwa penggunaan *cushioning packaging* berbasis natural rubber latex mampu menurunkan kerusakan getaran (*vibration damage*) pada guava selama simulasi transportasi.

Kerusakan mekanis pada buah segar umumnya dipicu oleh tekanan, benturan, dan gesekan yang terjadi selama penanganan pascapanen, terutama pada tahap pengemasan dan distribusi. Buah dengan

**Table 1.** Pengaruh tipe guava dan jumlah layer *seat foam* terhadap keterjadian *new bruise* pada jambu kristal

Tipe guava	Jumlah layer <i>seat foam</i>	Keterjadian <i>new bruise</i> (%)
Single guava	0 layer	49
Single guava	1 layer	32
Single guava	2 layer	29
Single guava	3 layer	28
Mini guava	0 layer	83
Mini guava	1 layer	68
Mini guava	2 layer	50
Mini guava	3 layer	34

Keterangan:

Data menunjukkan rerata keterjadian *new bruise* pada masing-masing perlakuan penyusunan buah di dalam box.

perlindungan mekanis yang kurang memadai cenderung mengalami deformasi jaringan yang memicu terbentuknya memar (*bruising*) pada permukaan kulit maupun jaringan internal buah. Htike et al. (2024) melaporkan bahwa guava memiliki sensitivitas tinggi terhadap kerusakan benturan (*impact bruising*), terutama ketika buah mengalami kontak mekanis berulang selama distribusi dan penyimpanan.

Jenis kerusakan mekanis yang ditemukan selama proses penyusunan buah di dalam box serta konfigurasi penggunaan *seat foam* pada beberapa perlakuan disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, jenis *new bruise* yang paling dominan ditemukan pada penelitian ini adalah lebam gesekan (*friction bruise*). Kerusakan tersebut diduga terjadi akibat kontak langsung dan pergerakan antar buah selama proses handling dan penyusunan di dalam box. Selain itu, penggunaan *seat foam* terlihat mampu mengurangi ruang gerak dan kontak langsung antar buah sehingga berpotensi menekan frekuensi benturan dan gesekan selama distribusi.

Semakin banyak layer *seat foam* yang digunakan, semakin kecil ruang gerak buah di dalam kemasan sehingga mobilitas buah selama handling menjadi lebih rendah. Kondisi ini menyebabkan frekuensi tumbukan dan gesekan antar buah berkurang. Oleh karena itu, perlakuan 3 layer

menunjukkan kemampuan paling baik dalam menekan keterjadian *new bruise* dibandingkan perlakuan lainnya.

Teknologi pengemasan modern pada komoditas hortikultura saat ini tidak hanya berfungsi sebagai pelindung fisik, tetapi juga berperan dalam mempertahankan mutu visual dan memperpanjang umur simpan produk selama distribusi. Penggunaan sistem *cushioning packaging* dilaporkan menjadi salah satu pendekatan efektif dalam mengurangi kerusakan mekanis dan mempertahankan kualitas pascapanen guava (Yadav et al., 2022). Dengan demikian, aplikasi *seat foam* pada sistem penyusunan buah di dalam box berpotensi untuk diterapkan sebagai salah satu strategi sederhana dan ekonomis dalam menekan kerusakan mekanis pada distribusi jambu kristal.

Meskipun demikian, keterjadian *new bruise* masih ditemukan pada seluruh perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *seat foam* belum sepenuhnya mampu menghilangkan kerusakan mekanis selama proses handling dan distribusi. Faktor lain seperti teknik handling tenaga kerja, tekanan tumpukan selama penyimpanan, bentuk dan ukuran buah, serta kondisi transportasi juga diduga turut memengaruhi keterjadian *new bruise* pada jambu kristal.

### Perbedaan keterjadian *new bruise* pada single dan mini guava

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa tipe guava memberikan pengaruh terhadap tingkat keterjadian *new bruise* selama proses penyusunan buah di dalam box. Secara umum, mini guava menunjukkan persentase *new bruise* yang lebih tinggi dibandingkan single guava pada seluruh perlakuan jumlah layer *seat foam*.

Pada perlakuan tanpa *seat foam*, mini guava menghasilkan keterjadian *new bruise* sebesar 83%, sedangkan single guava hanya sebesar 49%. Perbedaan tersebut masih terlihat hingga perlakuan 3 layer, dimana mini guava menunjukkan keterjadian *new bruise* sebesar 34%, sedangkan single guava sebesar 28%. Hasil ini mengindikasikan



**Gambar 1.** Jenis *new bruise* dan konfigurasi penyusunan jambu kristal di dalam box menggunakan beberapa tingkat layer *seat foam*. (A) lebam gesekan pada single guava, (B) lebam benturan pada single guava, (C) lebam tusukan pada single guava, (D) mini guava tanpa layer *seat foam*, (E) mini guava dengan 1 layer *seat foam*, dan (F) mini guava dengan 3 layer *seat foam*.

bahwa mini guava memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi terhadap kerusakan mekanis dibandingkan single guava.

Tingginya keterjadian *new bruise* pada mini guava diduga berkaitan dengan karakteristik penyusunan dan mobilitas buah di dalam kemasan. Mini guava memiliki ukuran buah yang lebih kecil sehingga jumlah buah yang disusun dalam satu box menjadi lebih banyak dibandingkan single guava. Semakin banyak jumlah buah dalam satu kemasan, maka frekuensi kontak antar buah juga meningkat sehingga peluang terjadinya benturan dan gesekan selama handling menjadi lebih besar.

Selain itu, ukuran buah yang lebih kecil menyebabkan mini guava memiliki ruang gerak yang relatif lebih tinggi selama proses distribusi. Kondisi tersebut dapat meningkatkan intensitas tumbukan antar buah maupun antara buah dengan dinding kemasan. Menurut Htike et al. (2024), kerusakan benturan pada guava sangat dipengaruhi oleh intensitas kontak mekanis dan energi tumbukan yang diterima buah

selama penanganan pascapanen. Buah dengan stabilitas posisi yang rendah di dalam kemasan cenderung lebih rentan mengalami *impact bruising*.

Kerentanan mini guava terhadap *new bruise* juga diduga berkaitan dengan distribusi tekanan di dalam kemasan. Pada sistem penyusunan dengan jumlah buah lebih banyak, tekanan mekanis dapat terakumulasi pada titik kontak tertentu sehingga memicu deformasi jaringan buah. Chaiwong et al. (2023) melaporkan bahwa kerusakan mekanis pada guava selama transportasi umumnya meningkat akibat getaran dan tekanan berulang yang terjadi pada area kontak antar buah.

Selain faktor jumlah buah, perbedaan bentuk dan stabilitas susunan di dalam box juga diduga memengaruhi keterjadian *new bruise*. Single guava memiliki ukuran lebih besar dan susunan yang relatif lebih stabil sehingga mobilitas buah selama handling menjadi lebih rendah. Sebaliknya, mini guava lebih mudah bergeser dan mengalami gesekan antar permukaan buah selama proses penyusunan maupun distribusi.

Meskipun mini guava menunjukkan tingkat terjadinya *new bruise* yang lebih tinggi, hasil penelitian memperlihatkan bahwa penambahan layer *seat foam* tetap mampu menurunkan persentase kerusakan secara signifikan pada kedua tipe guava. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material bantalan memiliki peran penting dalam mengurangi dampak gaya mekanis selama penanganan pascapanen buah segar.

Hasil penelitian ini memperkuat pentingnya penyesuaian sistem pengemasan berdasarkan karakteristik fisik komoditas hortikultura. Menurut Yadav et al. (2022), efektivitas sistem pengemasan sangat dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan sensitivitas mekanis produk yang dikemas. Oleh karena itu, mini guava memerlukan perlindungan mekanis yang lebih baik dibandingkan single guava untuk meminimalkan kerusakan selama distribusi dan mempertahankan mutu visual buah hingga ke konsumen.

#### **Interaksi tipe guava dan jumlah layer *seat foam* terhadap terjadinya *new bruise***

Hasil penelitian menunjukkan adanya pola interaksi antara tipe guava dan jumlah layer *seat foam* terhadap terjadinya *new bruise* (Gambar 2). Peningkatan jumlah layer *seat foam* menurunkan persentase *new bruise* pada kedua tipe guava, namun tingkat penurunannya menunjukkan respons yang berbeda antara single guava dan mini guava. Pada single guava, peningkatan jumlah layer *seat foam* menurunkan terjadinya *new bruise* dari 49% pada perlakuan tanpa layer menjadi 28% pada perlakuan 3 layer. Sementara itu, pada mini guava penurunan terjadi lebih tajam, yaitu dari 83% menjadi 34%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan *seat foam* cenderung lebih besar pada mini guava dibandingkan single guava. Berdasarkan Gambar 2, pola penurunan *new bruise* pada mini guava terlihat lebih tajam dibandingkan single guava. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *seat foam* memberikan efek proteksi mekanis yang lebih signifikan pada mini guava yang memiliki tingkat mobilitas

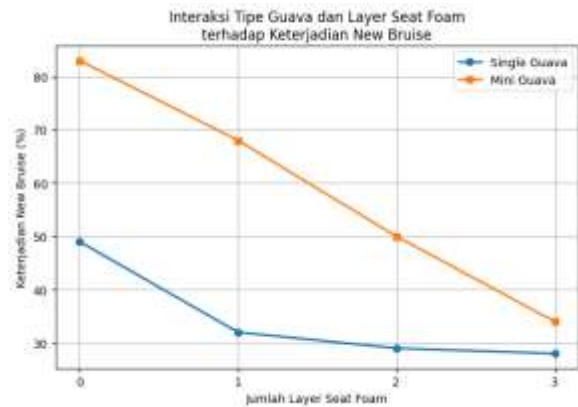
dan intensitas kontak antar buah lebih tinggi selama proses handling dan penyusunan di dalam box.

Perbedaan respons tersebut mengindikasikan bahwa tipe buah memengaruhi efektivitas sistem perlindungan mekanis di dalam kemasan. Mini guava yang memiliki jumlah buah lebih banyak dalam satu box cenderung mengalami intensitas kontak dan gesekan yang lebih tinggi selama handling dan distribusi. Oleh karena itu, penambahan layer *seat foam* memberikan efek proteksi yang lebih nyata pada mini guava karena mampu mengurangi mobilitas dan kontak langsung antar buah secara lebih efektif.

Secara mekanistik, *seat foam* berfungsi sebagai material penyerap energi (*energy absorber*) yang mampu meredam gaya benturan dan mendistribusikan tekanan secara lebih merata di dalam kemasan. Efektivitas material bantalan dalam mengurangi kerusakan mekanis sangat dipengaruhi oleh karakteristik produk, intensitas getaran, serta sistem penyusunan produk di dalam kemasan (Chaiwong et al., 2023). Pada mini guava, keberadaan layer *seat foam* diduga mampu mengurangi energi tumbukan berulang akibat tingginya mobilitas buah selama proses handling.

Selain itu, interaksi antara tipe buah dan layer *seat foam* juga menunjukkan bahwa sensitivitas mekanis buah tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran buah, tetapi juga oleh konfigurasi penyusunan di dalam kemasan. Menurut Opara dan Pathare, kerusakan mekanis pada komoditas hortikultura sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor biologis dan faktor mekanis selama rantai distribusi, termasuk tekanan tumpukan, getaran transportasi, serta desain kemasan yang digunakan.

Mini guava yang disusun dalam jumlah lebih banyak cenderung memiliki titik kontak antar buah yang lebih tinggi dibandingkan single guava. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya *friction bruising* maupun *impact bruising*. Hasil pengamatan visual pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa



**Gambar 2.** Interaksi tipe guava dan jumlah layer *seat foam* terhadap keterjadian *new bruise* pada jambu kristal selama penyusunan di dalam box.

lebam gesekan merupakan jenis *new bruise* yang paling dominan muncul pada kedua tipe guava. Hal ini menunjukkan bahwa gesekan antar buah selama penyusunan dan distribusi menjadi faktor utama penyebab kerusakan mekanis.

Peningkatan jumlah layer *seat foam* menyebabkan ruang kosong antar buah menjadi lebih terbatas sehingga pergerakan buah selama handling dapat ditekan. Kondisi tersebut menyebabkan energi mekanis yang diterima buah menjadi lebih rendah dan frekuensi tumbukan antar buah berkurang. Hasil ini sejalan dengan penelitian Opara et al. yang melaporkan bahwa penggunaan sistem *cushioning packaging* mampu menurunkan kerusakan mekanis pada buah segar dengan cara mengurangi gaya tekan dan getaran selama distribusi.

Berdasarkan pola interaksi yang diperoleh, perlakuan 3 layer *seat foam* menunjukkan performa terbaik dalam menekan keterjadian *new bruise* baik pada single maupun mini guava. Namun demikian, efektivitas perlindungan mekanis terlihat lebih penting pada mini guava karena tipe buah tersebut memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi terhadap kerusakan selama proses penyusunan di dalam box.

### Perbandingan dengan *commercial grading-line control*

Perbandingan antara perlakuan terbaik hasil rancangan faktorial dengan *commercial grading-line control* dilakukan untuk

menevaluasi efektivitas penggunaan *seat foam* dibandingkan sistem penyusunan komersial yang diterapkan di perusahaan. Pada penelitian ini, *commercial grading-line control* berupa single guava tanpa tambahan *seat foam* yang diambil langsung dari line grading perusahaan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan terbaik, yaitu penggunaan 3-layer *seat foam*, menghasilkan persentase *new bruise* yang lebih rendah dibandingkan *commercial grading-line control*. Pada single guava, perlakuan 3 layer menghasilkan keterjadian *new bruise* sebesar 28%, sedangkan *commercial grading-line control* menunjukkan keterjadian *new bruise* sebesar 42%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan *seat foam* mampu memberikan perlindungan mekanis yang lebih baik dibandingkan sistem penyusunan komersial tanpa bantalan tambahan.

Penurunan keterjadian *new bruise* pada perlakuan 3 layer menunjukkan bahwa penggunaan material pelindung antar buah dapat membantu meminimalkan kontak langsung selama proses handling dan distribusi. Pada sistem grading line komersial, buah umumnya mengalami perpindahan dan penyusunan dalam jumlah besar dengan intensitas kontak mekanis yang relatif tinggi. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya gesekan, benturan, maupun tekanan antar buah selama proses distribusi.

Kerusakan mekanis yang terjadi selama rantai pascapanen menjadi salah satu penyebab utama penurunan mutu visual buah segar dan kehilangan nilai ekonomi produk hortikultura. Menurut Opara and Pathare (2014), memar (*bruise damage*) pada buah segar dapat menyebabkan penurunan kualitas visual, mempercepat deteriorasi jaringan, meningkatkan laju respirasi, serta menurunkan penerimaan konsumen terhadap produk. Selain itu, kerusakan mekanis juga dapat mempercepat terjadinya pencoklatan dan meningkatkan kerentanan buah terhadap infeksi mikroorganisme selama penyimpanan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi sederhana pada sistem penyusunan buah menggunakan *seat foam* berpotensi diterapkan sebagai strategi praktis untuk mengurangi kerusakan mekanis pada distribusi jambu kristal komersial. Penggunaan material bantalan relatif mudah diaplikasikan dan tidak memerlukan perubahan besar pada sistem pengemasan yang sudah digunakan perusahaan. Oleh karena itu, aplikasi *seat foam* dapat menjadi alternatif teknologi pascapanen yang ekonomis dan aplikatif untuk mempertahankan mutu visual buah selama distribusi.

Meskipun demikian, keterjadian *new bruise* masih tetap ditemukan pada perlakuan terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan mekanis pada buah segar bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lain seperti teknik handling tenaga kerja, tekanan tumpukan selama penyimpanan, getaran selama transportasi, serta kondisi lingkungan distribusi. Oleh karena itu, upaya pengurangan *new bruise* tidak hanya bergantung pada penggunaan material bantalan, tetapi juga memerlukan perbaikan sistem handling dan manajemen distribusi secara keseluruhan.

#### KESIMPULAN

Jumlah layer *seat foam* berpengaruh terhadap keterjadian *new bruise* pada jambu kristal selama proses penyusunan buah di dalam box. Peningkatan jumlah layer *seat foam* cenderung menurunkan persentase *new bruise* baik pada single guava maupun mini guava. Perlakuan 3 layer *seat foam* menunjukkan hasil terbaik dengan menghasilkan keterjadian *new bruise* terendah pada kedua tipe guava.

Mini guava menunjukkan tingkat kerentanan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan single guava pada seluruh perlakuan. Hal tersebut diduga berkaitan dengan jumlah buah yang lebih banyak dalam satu kemasan sehingga meningkatkan frekuensi kontak, gesekan, dan benturan antar buah selama handling dan distribusi.

Terdapat pola interaksi antara tipe guava dan jumlah layer *seat foam*, dimana efektivitas penggunaan *seat foam* terlihat lebih besar pada mini guava dibandingkan single guava. Penggunaan *seat foam* mampu berfungsi sebagai *cushioning barrier* yang mengurangi kontak langsung antar buah dan menekan energi benturan selama proses penyusunan di dalam kemasan.

Perbandingan dengan *commercial grading-line control* menunjukkan bahwa penggunaan 3 layer *seat foam* mampu menurunkan keterjadian *new bruise* dibandingkan sistem penyusunan komersial tanpa bantalan tambahan. Dengan demikian, aplikasi *seat foam* berpotensi diterapkan sebagai metode sederhana dan aplikatif untuk mengurangi kerusakan mekanis pada distribusi jambu kristal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chaiwong, S., Saengrayap, R., Rattanakaran, J., Chaithanarueang, A., Arwatchananukul, S., Aunsri, N. and Trongsatitkul, T., 2023. Natural rubber latex cushioning packaging to reduce vibration damage in guava during simulated transportation. *Postharvest Biology and Technology*, 199, 112273. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112273>
- Htike, T., Saengrayap, R., Kitazawa, H. and Chaiwong, S., 2024. Fractal image analysis and bruise damage evaluation of impact damage in guava. *Information Processing in Agriculture*, 11(1), pp.120–131. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2023.02.004>
- Kader, A.A., 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd ed. University of California Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA.
- Opara, U.L. and Pathare, P.B., 2014. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce — A review. *Postharvest Biology and Technology*, 91, pp.9–24.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.009>

Thompson, J.F., Mitchell, F.G., Rumsey, T.R., Kasmire, R.F. and Crisosto, C.H., 2002. *Commercial cooling of fruits, vegetables, and flowers*. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA.

Yadav, A., Singh, J., Kaur, M., Sharma, S. and Singh, B., 2022. Recent advances in novel packaging technologies for shelf-life extension of guava fruits: a review. *Plants*, 11(4), 547. <https://doi.org/10.3390/plants11040547>