

---

# KAJIAN SEBARAN SUHU DAN OPTIMASI PENYUSUNAN KEMASAN KARTON SELAMA RANTAI DINGIN

Sutrisno<sup>1</sup>, Dany Sukmana<sup>1</sup> dan Emmy Darmawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University, Po.Box. 220, Bogor 16002, Indonesia, E-mail: [kensutrisno@yahoo.com](mailto:kensutrisno@yahoo.com)

## ABSTRACT

*Cold chain is important for maintaining the quality of horticultural products during the distribution process, therefore it is very important to know the ability to cool the product in packaging. Moreover, the arrangement of packaging is also have contribution in order to the apply cooling process optimally. The study used paperboard packaging (corrugated fiberboard) contains mangosteen fruit stored at cool room temperature with a various treatments, then the change is measured at several points until reaches to the stable temperature condition. The research results with the temperature distribution of ventilation area of 1% of vertical wall packaging shows that packaging stored at room temperature of 28 °C has will reach a stable temperature ranges between 28-29°C, while the storage temperature of 13 °C get stability in range of 11.9-12.9 °C, and packaging that are stored on 8 °C temperature ranges between 9-10 °C. The result of optimization of packaging arrangement on the pallet (1200x1000x1500 mm) shows that K48 packaging had efficiency of utilization value of pallet area of 80.66%, and 75.49% efficiency based on volume usage. While for K60, an efficiency utilization value of pallet area was 74.76%, and volume efficiency usage was 69.98%.*

**Keywords:** *Packaging, Carton, Temperature distribution, Arrangement*

## ABSTRAK

Rantai dingin penting untuk mempertahankan mutu produk hortikultura selama proses distribusi, oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui kemampuannya dalam mendinginkan produk dalam kemasan. selain itu susunan kemasan juga perlu diperhatikan agar proses pendinginan berjalan optimal. Penelitian ini menggunakan kemasan karton (*corrugated fiberboard*) berisi buah manggis yang disimpan pada ruang pendingin dengan beberapa perlakuan suhu, kemudian perubahannya diukur pada beberapa titik sampai mencapai kondisi stabil suhu.. Hasil pengujian sebaran suhu dengan luasan ventilasi sebesar 1% terhadap dinding vertikal kemasan menunjukkan kemasan yang disimpan pada suhu ruang 28 °C memiliki kestabilan suhu berkisar antara 28-29 °C, sedangkan suhu simpan 13 °C suhu kestabilan 11.9-12.9 °C, dan kemasan yang disimpan pada suhu 8 °C berkisar antara 9-10 °C. Pada penggunaan *pallet* ukuran 1200x1000x1500 mm, kemasan K48 memiliki nilai efisiensi penggunaan luasan *pallet* sebesar 80.66%, dan efisiensi penggunaan volume 75.49%. Sedangkan K60 efisiensi luasannya sebesar 74.76%, dan efisiensi penggunaan volume sebesar 69.98%.

**Kata Kunci:** *Kemasan, Karton, Distribusi Suhu, Penyusunan*

## PENDAHULUAN

Kemasan merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam upaya mempertahankan mutu produk hortikultura selama proses distribusi. Titik kritis pada penanganan pascapanen produk hortikultura adalah usaha untuk memperpanjang umur simpan produk, salah satu upaya dalam memperpanjang umur simpan yaitu penggunaan rantai dingin baik pada proses distribusian maupun penyimpanan produk, oleh sebab itu kemasan yang digunakan harus mampu merespon kondisi ruang penyimpanan terutama suhu, sehingga fungsi pendinginan tercapai. Menurut Handerburg (1975), kemasan dapat mengurangi kehilangan air (pengurangan berat), dengan demikian dapat mencegah terjadinya dehidrasi, terutama bila digunakan bahan kedap air. Pada umumnya kemasan hasil pertanian perlu dilubangi untuk

tempat ventilasi, kecuali untuk komoditas segar yang telah dikupas. Oleh karena itu perlu adanya pengujian apakah kemasan yang digunakan mampu melewati suhu dari ruang pendingin ke produk.

Dewasa ini distribusi produk hortikultura meluas dan melibatkan proses ekspor-impor, beberapa jenis jalur transportasi yang digunakan dalam ekspor impor antara lain darat, laut, dan udara. Pada produk hortikultura jenis transportasi udara lebih sering digunakan karena umur simpannya yang singkat. Pada transportasi udara alat transportasi yang digunakan adalah pesawat kargo, hal yang perlu diperhatikan pada transportasi ini adalah ukuran kemasan karena ukuran kemasan akan berdampak pada optimasi pengisian kargo ataupun kontainer. Biasanya ukuran kemasan mengacu pada ukuran *pallet* yang digunakan.

Saat ini, berbagai ukuran *pallet* digunakan di berbagai negara di dunia. Untuk memutuskan ukuran *pallet* yang akan digunakan oleh suatu perusahaan atau negara, salah satu cara termudah adalah dengan memilih ukuran *pallet* yang paling banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan perdagangan yang ada. Ukuran *pallet* juga harus mempertimbangkan ukuran semua komponen fasilitas distribusi seperti truk, kargo, kereta api, kapal laut, kapal terbang, ukuran gudang, fasilitas pelabuhan, dan lain-lain (Qonytah, 2008). Di negara-negara Asia penggunaan ukuran *pallet* masih sangat beragam, meskipun beberapa negara di Asia telah menggunakan ukuran *pallet* menurut standard ISO. Standar *pallet* yang disarankan untuk *grocery* dan industri *fast moving consumer goods* di Asia adalah *pallet* berukuran 1200 x 1000 mm, walaupun ukuran *pallet* yang direkomendasikan ini belum banyak digunakan oleh negara-negara Asia

## METODOLOGI

**Alat dan Bahan.** Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Termometer, Termocouple, *Hybrid recorder*, Pendingin bersuhu 8 °C dan 13 °C, kamera digital dan alat-alat lain yang menunjang terlaksananya penelitian ini. Bahan yang digunakan adalah buah manggis dan kemasan karton bersekat kapasitas 60 (K60) dan 40 (K40) buah berbahan *flute* C dan *flute* BC hasil perancangan Sutrisno, 2011. (lihat Gambar 1).



Kemasan K48



inner (4 buah)



sekat



Kemasan K60



inner (6 buah)



sekat

**Gambar 1.** Kemasan hasil rancangan Sutrisno, 2011.

**Tabel 1. Dimensi Kemasan**

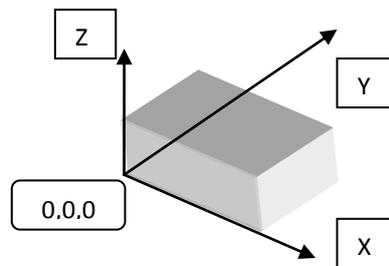
Disain Kemasan	Ukuran (P×L×T) cm	Kapasitas (buah)	Jumlah <i>inner</i>	Kapasitas tiap <i>inner</i> (buah)	Ukuran <i>inner</i> (P×L×T) cm
K48C	42.6×28.6×15.6	48	12	4	13.4×13.4×7.5
K48BC	42.6×29×15.6	48	12	4	13.4×13.4×7.5
K60C	43×35.1×15.6	60	10	6	20.3×13.4×7.5
K60BC	43×35.5×15.6	60	10	6	20.3×13.4×7.5

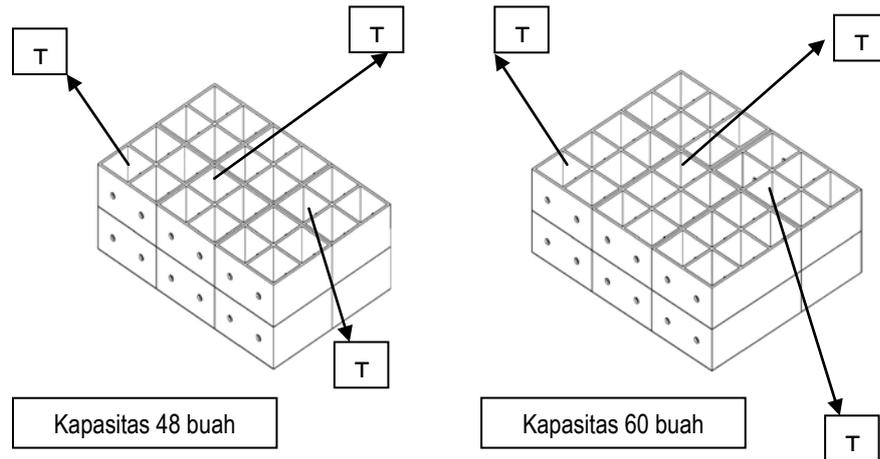
Ket : K48C = disain kemasan kapasitas 48 buah berbahan *flute C*  
 K48BC = disain kemasan kapasitas 48 buah berbahan *flute BC*  
 K60C = disain kemasan kapasitas 60 buah berbahan *flute C*  
 K60BC = disain kemasan kapasitas 60 buah berbahan *flute BC*

**Sebaran suhu.** Pengujian sebaran suhu menggunakan empat jenis kemasan seperti pada tabel. Tiap-tiap kemasan diambil enam titik pengukuran, pengukuran menggunakan termokopel dan alat pencatat digital *Hybrid recorder*. Kemasan di tempatkan pada tiga kondisi suhu ruang penyimpana yang berbeda yaitu kondisi lingkungan dengan suhu 8 °C, 13 °C dan 29 °C. (lihat Tabel 2 dan Gambar 1,2)

**Tabel 2. Koordinat pemasangan termokopel**

Ketebalan karton	Kapasitas kemasan	Layer (lapisan)	Koordinat termokopel (X,Y,Z) dalam cm		
Outer BC	60 buah	atas	(7.1,4.35,12.65)	(20.7,18.35,12.65)	(34.8,25.05,12.65)
		bawah	(7.1,4.35,4.85)	(20.7,18.35,4.85)	(34.8,25.05,4.85)
	40 buah	atas	(7.1,4.35,12.65)	(21,11.15,12.65)	(34.9,18.25,12.65)
		bawah	(7.1,4.35,4.85)	(21,11.15,4.85)	(34.9,18.25,4.85)
Outer C	60 buah	atas	(6.7,3.95,12.25)	(20.3,17.95,12.25)	(34.4,24.65,12.25)
		bawah	(6.7,3.95,4.45)	(20.3,17.95,4.45)	(34.4,24.65,4.45)
	40 buah	atas	(6.7,3.95,12.25)	(20.6,10.75,12.25)	(34.5,17.85,12.25)
		bawah	(6.7,3.95,4.45)	(20.6,10.75,4.45)	(34.5,17.85,4.45)

**Gambar 1. Koordinat kemasan**



**Gambar 2.** Ruang penempatan termokopel pada kemasan ( T= ruangan terpilih)

**Optimasi penyusunan.** Optimasi tumpukan kemasan disimulasikan pada *pallet* berukuran 1200 x 1000 mm dengan tinggi tumpukan maksimum kemasan sekitar 1500 mm, *pallet* ini merupakan ukuran standar Asia yang sering digunakan pada proses ekspor impor.

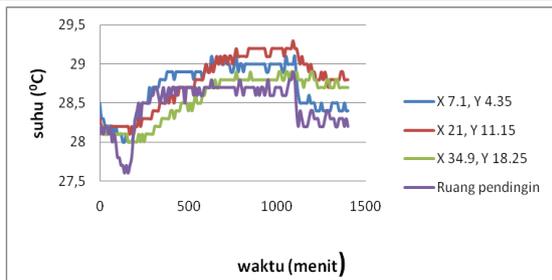
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sebaran suhu kemasan saat penyimpanan bertujuan untuk mengetahui kemampuan kemasan dalam beradaptasi terhadap suhu ruang penyimpanan. Hal ini perlu diketahui karena selama proses distribusi buah manggis terutama untuk ekspor sering menggunakan penyimpanan dingin (*cold storage*). *Cold storage* berfungsi untuk memperpanjang umur simpan buah manggis, oleh sebab itu suhu dalam kemasan harus sesuai dengan suhu ruang penyimpanan. Suhu ideal untuk penyimpanan buah manggis adalah 4-8 °C dan kelembaban 85 %, dimana pada suhu ini buah manggis dapat disimpan sampai 44 hari, dengan hanya sedikit perubahan aroma, tetapi kualitas masih bisa diterima. Persoalan dalam penyimpanan pada suhu rendah (4-8 °C) ini adalah pengerasan kulit yang menyebabkan buah sulit dibuka. Sedangkan penyimpanan pada suhu 13 °C dapat mempertahankan standar kualitas buah sampai 21 hari. Untuk transportasi, suhu ideal adalah 13-25 °C dengan kelembaban 85% (Purwanto, 2002 dalam Qanyah, 2004). Gambar 3 foto pemasangan termokopel pada kemasan.

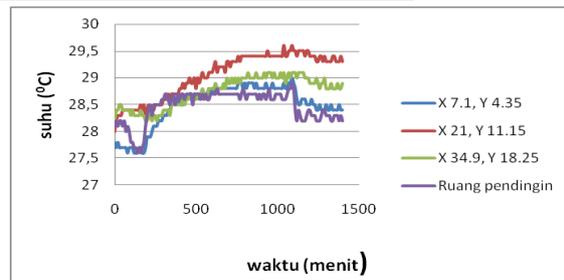


**Gambar 3.** Pemasangan termokopel pada kemasan

Hasil pengukuran kemasan pada suhu 28 °C dapat dilihat pada Gambar 4 sampai 7. Dari gambar terlihat bahwa kemasan berbahan *flute C* lebih responsif terhadap suhu lingkungan dari pada kemasan yang berbahan *BC flute*. Hal ini terlihat dari bentuk grafik perubahan suhu pada kemasan berbahan *flute C* bahwa suhu pada tiap titik pengukuran menunjukkan tren naik sampai titik tertentu kemudian turun kembali mengikuti penurunan suhu lingkungan. Sedangkan pada kemasan berbahan *flute BC* terlihat suhu pada masing-masing titik terus naik sampai titik tertentu, kemudian mulai stabil. Pada masing-masing kemasan suhu tertinggi terletak pada tengah kemasan. Walaupun setiap titik pengukuran menunjukkan suhu yang berbeda, tetapi suhu pada tiap titik hanya memiliki perbedaan suhu maksimum sekitar 0.9 °C.

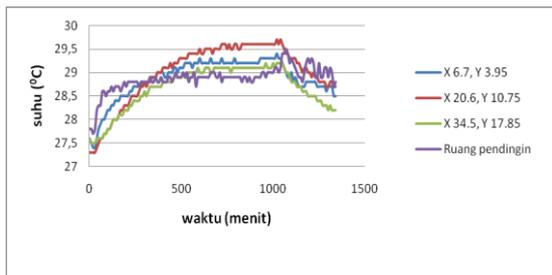


a. Sumbu Z 12.65 cm

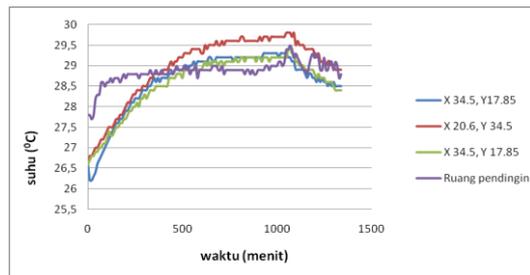


b. Sumbu Z 4.85

**Gambar 4.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48BC pada suhu 28 °C

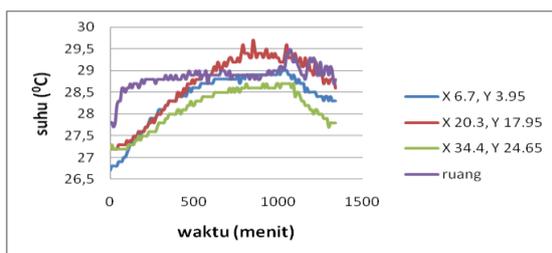


a. Sumbu Z 12.25 cm

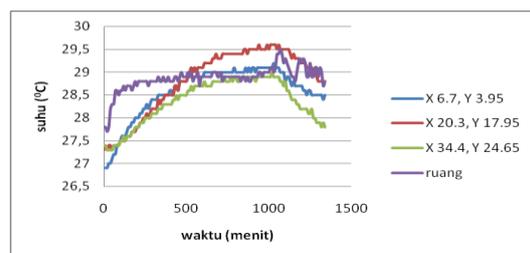


b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 5.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48C pada suhu 28 °C

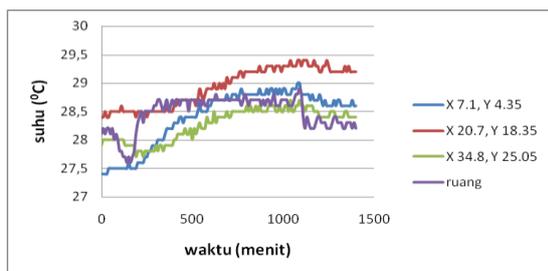


a. Sumbu Z 12.25 cm

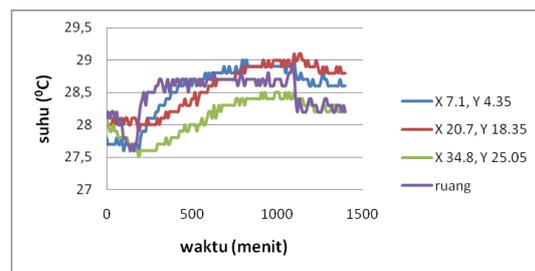


b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 6.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60C pada suhu 28° C



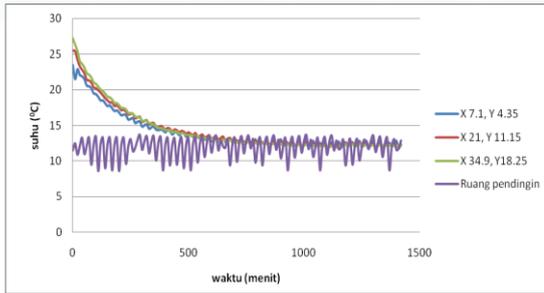
a. Sumbu Z 12.65 cm



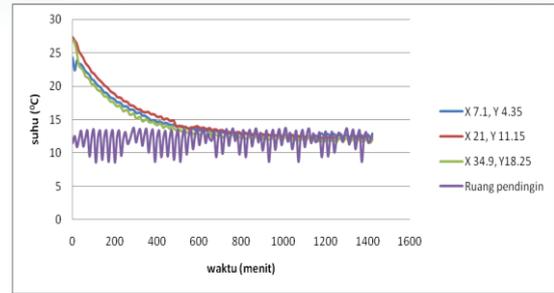
b. Sumbu Z 4.85 cm

**Gambar 7.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60BC pada suhu 28° C

Hasil pengukuran sebaran suhu kemasan pada suhu penyimpanan 13 °C, terlihat bahwa baik kemasan berbahan *flute C* maupun berbahan *flute BC* untuk mencapai suhu  $\pm 13$  °C dibutuhkan waktu 690 menit dari suhu awal rata-rata 26 °C. Hal ini menunjukkan ketebalan *flute* tidak berpengaruh pada kecepatan penurunan dan sebaran suhu kemasan, dimana kondisi saat tercapai kestabilan suhu berkisar antara 12-12.9 °C pada semua jenis kemasan. Grafik hubungan waktu dan suhu pada penyimpanan tiap kemasan dapat dilihat pada Gambar 8 sampai 11

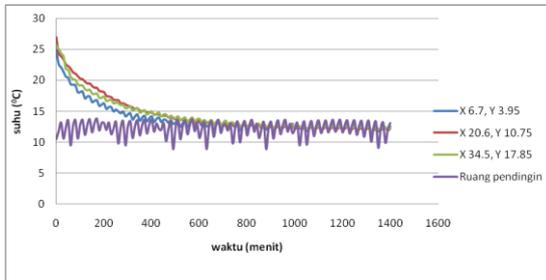


a. Sumbu Z 12.65 cm

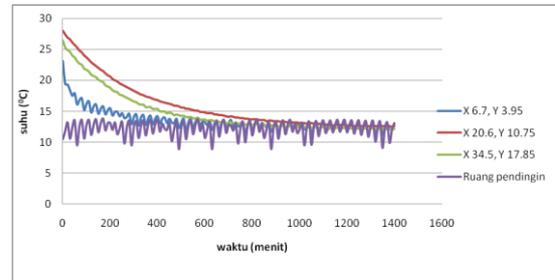


b. Sumbu Z 4.85

**Gambar 8.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48BC pada suhu 13 °C

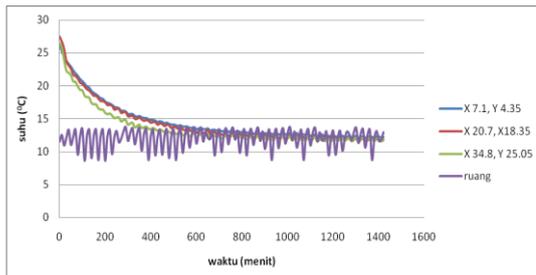


a. Sumbu Z 12.25 cm

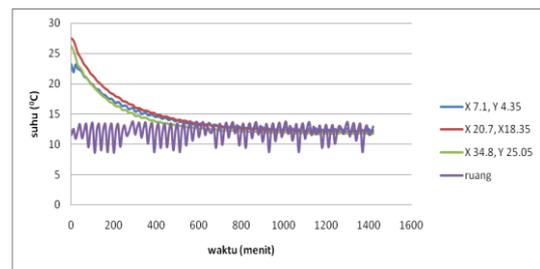


b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 9.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48C pada suhu 13 °C

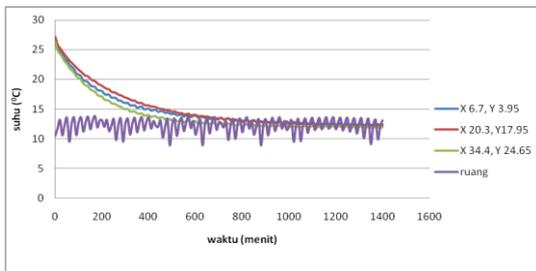


a. Sumbu Z 12.65 cm

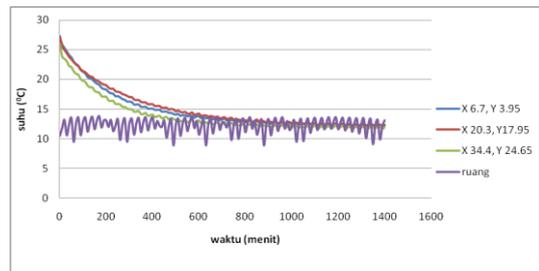


b. Sumbu Z 4.85 cm

**Gambar 10.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60BC pada suhu 13° C



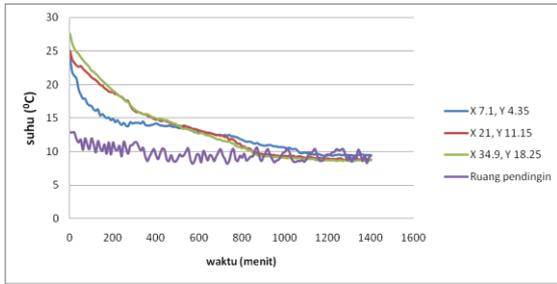
a. Sumbu Z 12.25 cm



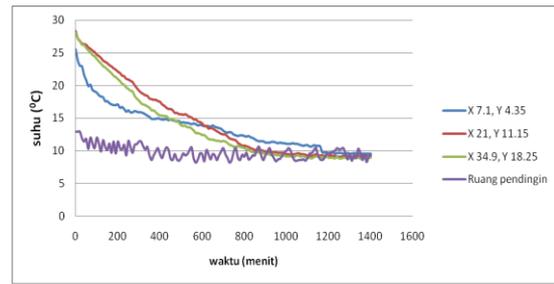
b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 11.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60C pada suhu 13° C

Hasil pengujian sebaran suhu kemasan pada suhu penyimpanan 8 °C dapat dilihat pada Gambar 12 sampai 15. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan suhu lebih lama dari pada saat penyimpana kemasan pada suhu 13° C, yakin sekitar 1000 menit, dan suhu hasil pengukuran menunjukkan selama 24 jam dengan kondisi suhu ruang yang fluktuatif antara 6-10 °C kemasan tidak mampu mencapai suhu 8 °C seperti yang diharapkan. Suhu yang terukur pada kedua jenis kemasan berkisar antara 9-10 °C.

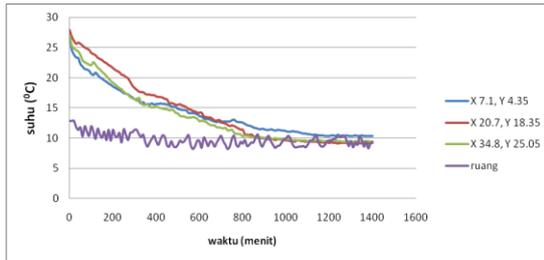


a. Sumbu Z 12.65 cm

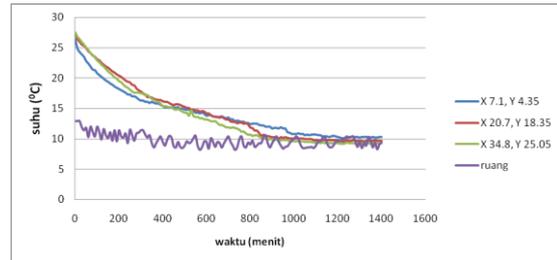


b. Sumbu Z 4.85 cm

**Gambar 12.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48BC pada suhu 8 °C

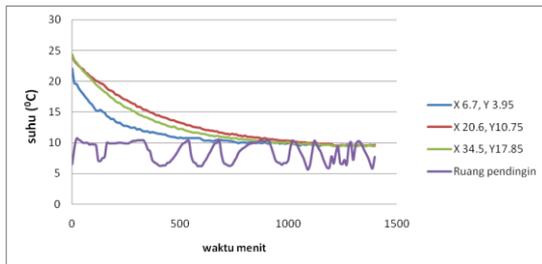


a. Sumbu Z 12.65 cm

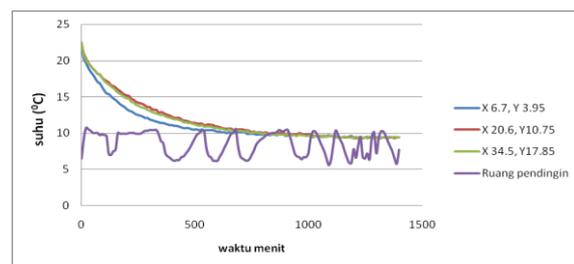


b. Sumbu Z 4.85 cm

**Gambar 13.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60BC pada suhu 8° C

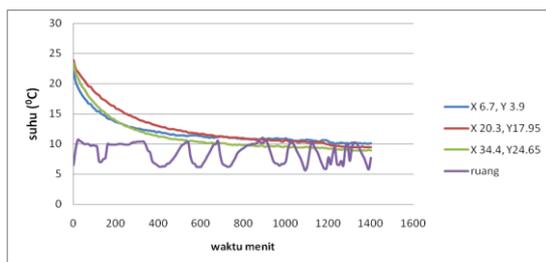


a. Sumbu Z 12.25 cm

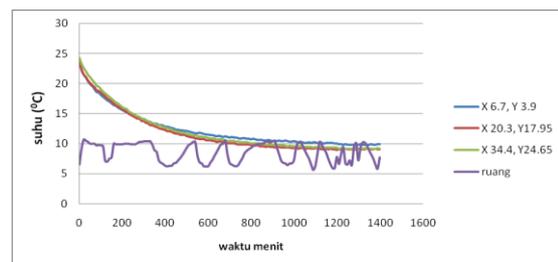


b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 14.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K48C pada suhu 8 °C



a. Sumbu Z 12.25 cm



b. Sumbu Z 4.45

**Gambar 15.** Grafik hubungan suhu dan waktu pada diagonal kemasan K60C pada suhu 8° C

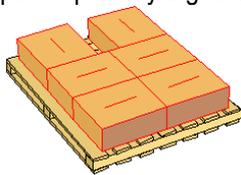
Semakin cepat suhu dalam kemasan mencapai kondisi ruang penyimpanan, maka laju respirasi buah semakin cepat ditekan, sehingga akan memperpanjang umur simpan buah. Menurut Pantastico (1986), laju respirasi yang tinggi biasanya disertai dengan umur simpan yang pendek. Penyimpanan suhu rendah dapat menekan kecepatan laju respirasi dan transpirasi sehingga kedua proses ini berjalan lambat, akibatnya ketahanan simpan dari buah manggis cukup panjang dengan susut bobot minimal (Hasbi *et. Al.*, 2006). Menurut Kader (1985) kecepatan pendinginan produk pertanian perlu diperhatikan, agar penurunan mutu akibat kehilangan air berkurang. Menurut penelitian Suyanti (1999) dalam Qanyah (2004) menunjukkan bahwa buah manggis yang dipanen dengan warna kulit buah hijau dengan setitik noda ungu (104 HSBM), warna kulit buahnya berubah dengan cepat menjadi 10-25% ungu kemerahan dalam satu hari pada penyimpanan suhu 25 °C. Oleh karena itu kecepatan pendinginan buah manggis dalam kemasan harus berjalan kurang dari satu hari.

**Optimasi Penyusunan Kemasan.** Hasil optimasi penyusunan kemasan pada *pallet* dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil simulasi didapat 5 macam pola penyusunan kemasan.

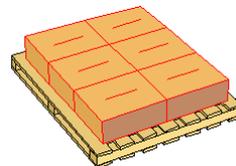
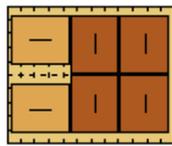
**Tabel 3.** Optimasi penyusunan kemasan pada *pallet* ukuran 1200x1000 mm

Disain kemasan	Pola Penumpukan	Efisiensi Volume (%)	Efisiensi Luasan (%)	Total berat (kg)	Jumlah kemasan	Jumlah tumpukan kemasan	Tinggi tumpukan (mm)
K60	A1	69.98	74.76	472	54	9	1404
	A2	69.98	74.76	472	54	9	1404
	A3	69.98	74.76	472	54	9	1404
	A4	69.98	74.76	472	54	9	1404
	A5	58.32	62.3	400	45	9	1405
K48	B1	75.49	80.66	472	72	9	1404
	B2	75.49	80.66	472	72	9	1404
	B3	75.49	80.66	472	72	9	1404
	B4	75.49	80.66	472	72	9	1404
	B5	66.06	70.57	418	63	9	1405

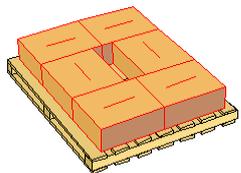
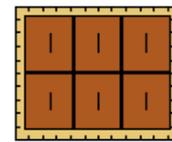
Pada tabel diatas terlihat bahwa pada penggunaan pola tumpukan A1 sampai A4 efisiensi luasan dan volume kemasan K60 memiliki nilai yang sama, tetapi dalam aplikasi kestabilan dan kepraktisan penumpukan harus diperhatikan. Selain itu pada transportasi yang menggunakan pendingin jarak antara kemasan pada *pallet* harus diatur sedemikian rupa agar aliran udara dari *refrigerator* dapat mengalir ke kemasan, penggunaan luasan pada *pallet* untuk transportasi menggunakan pendingin berkisar antara 80-85 % (Peleg, 1985). Sedangkan tiap lapis tumpukan pada *pallet* dapat diisi maksimum 6 kemasan K60C dan 8 kemasan K48. Dari beberapa pola yang ada, pola penumpukan A3 dan B5 (Gambar 36) lebih memungkinkan untuk diaplikasikan saat proses pengangkutan karena pada pola tersebut jumlah dinding berventilas yang tidak terhalang oleh kemasan lain jumlahnya lebih banyak, sehingga aliran udara lebih lancar. Pola penumpukan yang lain dapat dilihat pada.



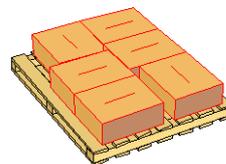
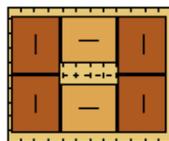
Pola A1



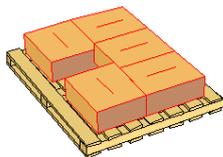
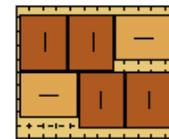
Pola A2



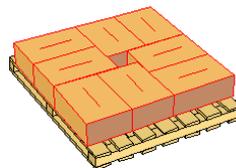
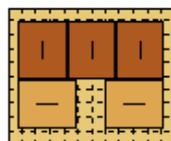
Pola A3



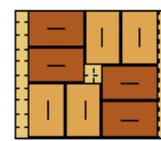
Pola A4

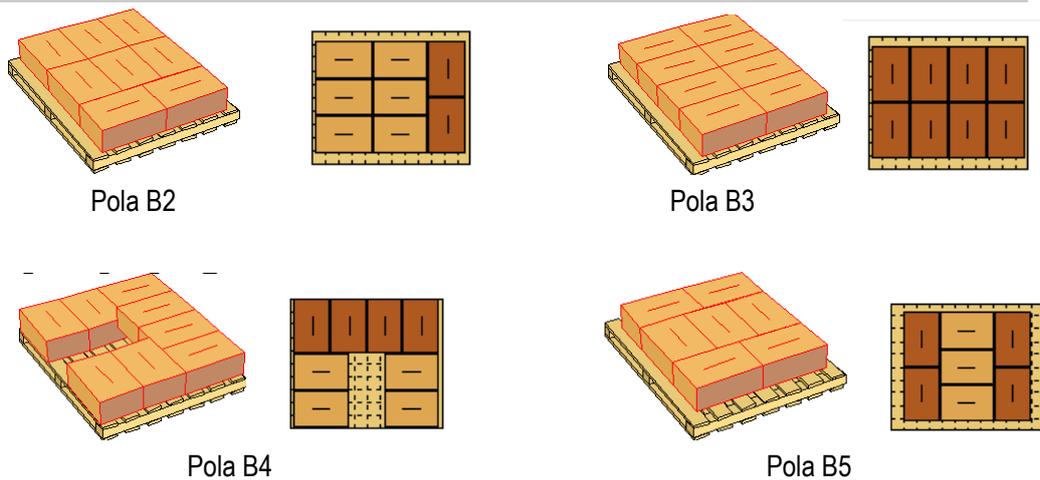


Pola A5



Pola B1





## KESIMPULAN

Hasil pengujian sebaran suhu dengan penggunaan luasan ventilasi sebesar 1% terhadap dinding vertikal kemasan menunjukkan kemasan yang disimpan pada suhu ruang 28 °C memiliki kestabilan suhu berkisar antara 28-29 °C, sedangkan kemasan yang disimpan pada suhu 13 °C dapat mencapai kestabilan suhu selama 690 menit sejak buah disimpan dengan kisaran suhu kestabilan 11.9-12.9 °C, dan kemasan yang disimpan pada suhu 8 °C menunjukkan suhu dikemasan tidak mampu mencapai suhu ruang penyimpanan dalam jangka waktu 24. Dalam jangka waktu tersebut suhu terendah atau suhu dalam kemasan mulai stabil berkisar antara 9-10 °C. Kapasitas dan ketebalan kemasan yang digunakan dalam penelitian tidak berpengaruh terhadap kecepatan pendinginan maupun sebaran suhu kemasan. Pada penggunaan *pallet* ukuran 1200x1000x1500 mm, kemasan K48C memiliki nilai efisiensi penggunaan luasan *pallet* sebesar 80.66%, dan efisiensi penggunaan volume 75.49%. Sedangkan K60C efisiensi luasannya sebesar 74.76%, dan efisiensi penggunaan volume sebesar 69.98%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hadenberg RE. 1996. Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Kader AD. 1985. Postharvest Technology of Horticultural Crop. California: The Regents of the University of California.
- Pantastico EB. 1986. Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Yogyakarta; Gajah Mada University Press.
- Peleg K.1985. Produce *Handling, Packaging, and Distribution*. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA.
- Qonytah. 2008. Standarisasi Pallet (Alas Kemasan). Puslitbang.
- Qonytah. 2004. Kajian Perubahan Mutu Manggis (*Garcinia mangostana* L) dengan perlakuan Pre-Cooling dan Penggunaan Giberilin Selama Penyimpanan. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Sutrisno. 2011. Development of Packaging Design for Export Destination of Mangosteen Fruits (*Garcinia mangostana* L). *European Journal of Scientific Research*. Vol.62 No.3 (2011), pp. 344-353