

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No.2, Agustus 2017



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)  
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)  
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)  
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)  
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)  
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)  
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 2 Agustus 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof. Dr. Ir. Kamaruddin Abdullah, IPU. (Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Agus Buono, MSi, MKom (Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ery Suhartanto, ST.,MT (Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir.Hj. Nurpilihan Bafdal, MSc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M. Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Asri Widyasanti, STP.,M.Eng (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App., Sc., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP.,MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr.Ir. Sugiarto, MSi (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

---

*Technical Paper*

**Perlakuan Uap Panas dan Suhu Penyimpanan untuk  
Mempertahankan Mutu Buah Mangga Arumanis  
(*Mangifera indica* L.)**

*Vapor Heat Treatment and Storage Temperature for Maintaining Quality of Arumanis  
Mango (*Mangifera indica* L.)*

Rimba Lestari, Program Studi Teknologi Pascapanen, Institut Pertanian Bogor.

Email: rimba.lestari60@yahoo.com

Rokhani Hasbullah, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: rokhani.h@gmail.com

Idham Sakti Harahap, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Email: idham@biotrop.org

**Abstract**

*Pests fruit fly attacks could be an obstacles to the export of fruits. Heat treatment is needed to disinfest the fruit fly without affecting the fruit quality and safe for health. The objectives of this research were (1) to analyze the mortality of *Bactrocera papayae* fruit flies by in-vitro and by in-vivo, and (2) to analyze the effect of vapor heat treatment (VHT) and storage temperature on quality of Arumanis mango. The results showed that the 100% mortality in-vitro of fruit fly *B. papayae* at temperature 46 °C was 10 minutes. While 100% mortality in-vivo at temperature 47 °C was 20 minutes. Exposure time of VHT, storage temperature, and their interaction didn't significantly affect weight loss, total soluble solid, hardness, but significantly affected vitamin C. VHT didn't cause physiological damage which the fruit is still undergoing a process of normal respiration. The fruits on storage temperature of 13±2 °C can last for 18 and 28±2 °C just can last for 9 days. VHT at temperature of 47 °C for 25-30 minutes was effective to disinfestation of fruit flies infested inside the Arumanis mango and VHT followed by low temperature storage (13±2 °C) was able to maintain mango quality during storage.*

**Keywords:** mango, vapor heat treatment, fruit flies, disinfestation

**Abstrak**

Serangan hama lalat buah dapat menjadi kendala dalam ekspor buah-buahan. Perlakuan panas dibutuhkan untuk mendisinfestasikan lalat buah tanpa menurunkan mutu buah dan aman bagi kesehatan. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengkaji tingkat mortalitas telur lalat buah *Bactrocera papayae* secara in-vitro dan in-vivo, dan (2) menganalisa pengaruh lama perlakuan uap panas (*vapor heat treatment/VHT*) dan suhu penyimpanan terhadap mutu mangga Arumanis. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa 100% mortalitas lalat buah *B. papayae* secara in-vitro pada suhu 46 °C adalah selama 10 menit. Sedangkan 100% mortalitas secara in-vivo pada suhu 47 °C adalah selama 20 menit. Lama VHT dan suhu penyimpanan serta interaksinya tidak berpengaruh signifikan terhadap susut bobot, total padatan terlarut, dan kekerasan, tetapi berpengaruh signifikan terhadap vitamin C. Perlakuan panas tidak menyebabkan kerusakan fisiologis di mana buah masih mengalami proses respirasi secara normal. Buah pada penyimpanan suhu 13±2 °C buah dapat bertahan selama 18 hari dan pada suhu 28±2 °C hanya bertahan selama 9 hari. VHT pada suhu 47 °C selama 25-30 menit efektif untuk membunuh lalat buah yang terinfestasi dalam mangga Arumanis dan VHT yang diikuti oleh penyimpanan suhu rendah (13±2 °C) dapat mempertahankan mutu buah selama penyimpanan.

**Kata kunci:** mangga, perlakuan uap panas, lalat buah, disinfestasi

*Diterima: 18 Agustus 2016; Disetujui: 30 Mei 2017*

## Latar Belakang

Mangga (*Mangifera indica* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura di Indonesia yang berpotensi besar untuk diekspor. Banyaknya kendala dalam ekspor mangga seringkali membuat para eksportir mangga mengeluh. Kendala utama dalam permasalahan ekspor mangga yaitu terjadinya kerusakan selama pengiriman akibat kurangnya penanganan dan penerapan teknologi pascapanen yang diterapkan sehingga menyebabkan kerugian.

Total kehilangan hasil pada buah mangga akibat penanganan pascapanen yang kurang tepat dan penerapan teknologi pascapanen yang masih konvensional diperkirakan mencapai 30 % (Carrillo et al. 2000). Kerusakan ini umumnya dikarenakan oleh serangan lalat buah. Salah satu pengembangan teknologi yang dapat diaplikasikan di Indonesia untuk mengatasi ancaman lalat buah yaitu teknik perlakuan panas (*heat treatment*). Teknik perlakuan panas pada produk hortikultura mulai diterapkan secara luas beberapa tahun terakhir ini. Dengan alasan keamanan, efektif, dan ekonomis, teknik ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam disinfestasi lalat buah, terutama dalam fase telur dan larva. Salah satu metode perlakuan panas yang efektif adalah perlakuan uap panas atau *vapor heat treatment* (VHT).

Metode VHT sangat potensial untuk diterapkan dan dikembangkan di Indonesia. Hasbullah (2013) mengemukakan bahwa perlakuan uap panas pada suhu 46.5 °C selama 20-30 menit efektif untuk mendisinfestasi lalat buah pada buah Belimbing dan perlakuan VHT yang diikuti dengan penyimpanan dingin pada suhu 5-15 °C mampu mempertahankan mutu buah selama penyimpanan. Sedangkan Marlisa (2007) dalam studinya menyatakan bahwa perlakuan uap panas selama 20-30 menit pada suhu 46.5 °C cukup efektif dalam mendisinfestasi telur lalat buah kelompok *B. dorsalis complex* yang terinfestasi di dalam mangga Gedong Gincu dan mampu mempertahankan mutu buah hingga 28 hari apabila diikuti dengan pelilinan. Nusantara (2012) juga menyatakan bahwa mortalitas larva *B. carambolae* mencapai 100 % setelah perendaman selama 20 menit pada suhu 44 – 48 °C, dan perendaman pada suhu 48 °C selama 5 menit dapat menyebabkan semua larva mati.

*Bactrocera papayae* merupakan lalat buah yang menyerang buah mangga Arumanis. Metode perlakuan uap panas untuk disinfestasi lalat buah *B. papayae* pada buah Arumanis memerlukan kajian tersendiri agar dengan perlakuan tersebut tidak menyebabkan kerusakan dan dapat mempertahankan mutu pada buah selama penyimpanan. Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji mortalitas lalat buah *Bactrocera papayae* secara in-vitro dengan perlakuan panas,

mempelajari mortalitas lalat buah *Bactrocera papayae* yang terinfestasi secara in-vivo pada buah Arumanis dengan perlakuan uap panas (VHT), dan menganalisis pengaruh lama perlakuan VHT dan suhu penyimpanan serta interaksi keduanya terhadap perubahan mutu buah Arumanis.

## Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan adalah buah mangga varietas Arumanis, telur lalat buah *B. papayae*, dan bahan-bahan pengujian. Buah mangga Arumanis yang digunakan berukuran 350-450 gram dengan umur panen  $\pm 90$  hari setelah bunga mekar (HSBM) dan tingkat kematangan sekitar 75-85 % atau mengkal (berdasarkan persepsi Petani), yang diperoleh dari perkebunan mangga milik Petani, di Cirebon, Jawa Barat. Lalat buah stadia telur diperoleh dari pembiakan massal yang dilakukan di Laboratorium *Vapor Heat Treatment* Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan (BBPOPT) Jatisari, Jawa Barat.

Pengujian dilakukan dalam tiga tahap. Pengujian pertama, pada pengujian mortalitas terlebih dahulu menyiapkan telur yang berumur 28 jam dipindahkan ke tabung kaca sebanyak 20 butir/perlakuan. Pengujian dilakukan dengan merendam telur ke dalam air panas pada suhu 46 °C selama 5, 10, 15, 20, 25 menit dan kontrol. Telur kemudian dipindahkan ke pakan buatan dan diinkubasi pada suhu 27 °C setelah dikondisikan sama dengan suhu ruang. Pengamatan dilakukan dua hari setelah perlakuan perendaman untuk memastikan bahwa telur masih menetas atau tidak.

Pada tahap pengujian kedua dilakukan dengan menginfestasi telur sebanyak 150 butir/perlakuan ke dalam buah mangga Arumanis. Setelah diinokulasi, sampel diberi perlakuan uap panas suhu 47 °C selama 10, 20, 30, 40 menit dan kontrol. Selanjutnya sampel diinkubasi pada suhu 27 °C setelah dikeringanginkan. Pengamatan dilakukan 48 jam setelah perlakuan dengan menghitung jumlah telur lalat buah yang menetas atau tidak.

Pada tahap ketiga, proses pengujian mutu buah diawali dengan melakukan pengukuran mutu awal. Buah yang diberi perlakuan VHT dipaparkan pada suhu 47 °C selama 25, 30, 35 menit dan kontrol, kemudian disimpan pada suhu  $13 \pm 2$  °C dan  $28 \pm 2$  °C. Pengamatan mutu dilakukan pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, 15, dan 18. Parameter yang diamati meliputi susut bobot, total padatan terlarut (TPT), kekerasan kulit dan daging buah, kandungan vitamin C, dan laju respirasi. Bagan alir proses pengujian mutu buah diperlihatkan pada Gambar 1.

### Laju Respirasi.

Laju respirasi buah diukur menggunakan alat *continuous gas analyzer*. Mangga diperlukan

sebanyak 2 buah (setiap perlakuan) dengan berat ± 800-900g untuk pengujian ini. Prosedur kerjanya adalah sampel ditempatkan pada toples kaca tertutup dan disimpan pada suhu ruang. Dua buah selang yang dihubungkan dengan alat pengukur *gas analyzer* disambungkan dengan dua buah selang yang terpasang ditutup toples untuk melewatkan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Pengukuran respirasi dilakukan setiap hari hingga sampel rusak. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung laju respirasi dengan rumus :

$$R = \frac{V}{W} \times \frac{dx}{dt} \tag{1}$$

dimana,

R = Laju respirasi (ml. CO<sub>2</sub>/kg.jam dan ml.O<sub>2</sub>/kg.jam)

V = Volume bebas wadah (cm<sup>3</sup>)

W = Berat sampel (kg)

$\frac{dx}{dt}$  = Laju perubahan konsentrasi O<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub> (%/jam)

**Susut Bobot.**

Bobot sebelum dan sesudah perlakuan perlu diketahui untuk mengetahui kemungkinan adanya penurunan bobot buah. Setiap perlakuan ditimbang dengan timbangan analitik (digit 4 desimal dalam satuan gramm) dan dibandingkan dengan hasil penimbangan sebelumnya.

**Total Padatan Terlarut (TPT).**

Perlakuan panas mempengaruhi total padatan terlarut pada beberapa buah seperti apel dan muskmelon (Lurie 1998). Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan pengaruh VHT berdasarkan total padatan terlarut pada buah mangga. Pengamatan ini dilakukan dengan mengambil jus dari bagian pangkal dan ujung buah lalu diukur menggunakan digital refraktometer (Atago PAL-1) dengan meneteskan jus pada prisma refraktometer. Nilai total padatan terlarut ditentukan dengan melihat angka yang tertera pada alat dengan satuan °Brix. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan kandungan total padatan terlarut buah mangga kontrol.

**Tingkat kekerasan.**

Pengukuran tingkat kekerasan buah dilakukan menggunakan *rheometer*. Pengukuran dilakukan pada sisi yang sama dari setiap buah. Terlebih dahulu buah mangga dibelah dan data diambil dari sisi luar dan dalam buah mangga dengan 3 kali ulangan. Nilai yang ditunjukkan alat merupakan nilai kekerasan buah dengan satuan Kgf.

**Kadar Vitamin C.**

Sampel sebanyak 10 g ditimbang, ditambahkan HPO<sub>3</sub> 6% sebanyak 50 ml, diaduk/diblender kemudian diencerkan hingga 100 ml dan disaring.

Bila hasil saringannya masih keruh dilakukan sentrifuge, lalu diambil ± 5 ml dan ditambahkan larutan dye (*Dichlorofenol indofenol*) ± 5-10 ml (sampai warna merah). Setengah menit dari penambahan larutan dye tersebut dimasukan ke spektrofotometer dan nilainya dapat dibaca. Selanjutnya kandungan vitamin C dapat dihitung dengan rumus:

$$g \text{ Vit. C}/100g \text{ sampel} = (a \times b)/(c \times d) \tag{2}$$

dimana,

a = Konsentrasi asam askorbat dari kurva standar x volume larutan

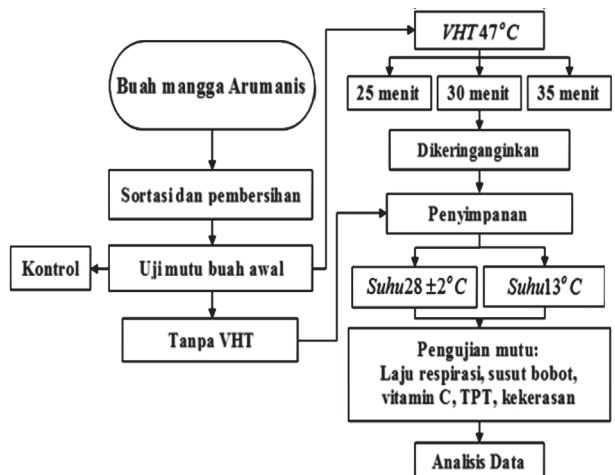
b = Volume larutan yang dibuat x 100

c = ml larutan x 1000 yg diukur

d = Berat / volume sampel

**Analisis Data**

Percobaan mortalitas telur lalat buah secara in-vitro dan in-vivo dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor dan tiga ulangan. Untuk in-vitro menggunakan faktor perendaman pada suhu 46 °C selama 5, 10, 15, 20, 25 menit dan kontrol, sedangkan untuk in-vivo menggunakan faktor perlakuan VHT pada suhu 47 °C dengan empat taraf waktu 10, 20, 30, 40 menit dan kontrol. Sementara itu, percobaan pengaruh VHT dan suhu penyimpanan terhadap mutu buah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu perlakuan VHT pada suhu 47 °C dengan empat taraf (kontrol, 25, 30, 35 menit). Faktor kedua yaitu suhu penyimpanan dengan dua taraf (13±2 °C dan 28±2 °C). Selanjutnya dilakukan analisis sidik ragam (anova) dengan program SAS untuk melihat pengaruh perlakuan dan jika terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 0.05.



Gambar 1. Bagan alir proses pengujian mutu buah.

Tabel 1. Mortalitas telur lalat buah *B. papayae* pada suhu 46 °C dengan lama perendaman yang berbeda

Lama perendaman (menit)	Telur (butir)	Menetas (butir)	Tidak menetas (butir)	Mortalitas (%)
Kontrol	20	20	0	0
5	20	4.67	15.33	76.65
10	20	0	20	100
15	20	0	20	100
20	20	0	20	100
25	20	0	20	100

Tabel 2. Mortalitas telur lalat buah *B. papayae* pada suhu 47 °C dengan lama perlakuan VHT yang berbeda.

Lama VHT (menit)	Telur (butir)	Menetas (butir)	Tidak menetas (butir)	Mortalitas (%)
Kontrol	150	150	0	0
10	150	16.67	133.33	88.80
20	150	0	150	100
30	150	0	150	100
40	150	0	150	100

## Hasil dan Pembahasan

### Mortalitas telur *B. papayae* secara in-vitro

Telur lalat *B. papayae* diinkubasi dalam inkubator pada suhu 27 °C. Telur lalat *B. papayae* umumnya akan menetas dalam waktu 24-48 jam setelah pembiakan dan penelitian mortalitas telur dilakukan selama fase ini. Analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan lama perendaman menggunakan air panas suhu 46 °C berpengaruh signifikan terhadap tingkat mortalitas telur *B. papayae*. Hal ini menunjukkan bahwa telur *B. papayae* mempunyai daya tahan yang berbeda terhadap lama waktu perendaman. Hasil pengujian mortalitas telur lalat buah pada suhu 46 °C dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, 25 menit dan kontrol dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pengujian perendaman air panas memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka tingkat mortalitas telur lalat buah *B. papayae* semakin tinggi. Berdasarkan Tabel 1, dengan perendaman air panas suhu 46 °C mortalitas telur mencapai 100% pada lama perendaman minimal 10 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama perendaman maka keseimbangan metabolisme pada telur lalat buah semakin terganggu. Gangguan yang dimaksud dapat berupa kerusakan di lapisan kutikula, selaput vitelin, maupun gangguan di sitoplasma sehingga sel telur mengembang, pecah dan mudahnya kehilangan air serta berakibat kepada kematian sel (Hulasare et al. 2010). Dalam studinya, Neven (2000) menyatakan bahwa lapisan kutikula sensitif terhadap perubahan temperatur. Kutikula memiliki peranan penting dalam melindungi serangga dari kondisi lingkungan dan mempertahankan keseimbangan air dalam

tubuh.

Loganathan et al. (2011) menyebutkan bahwa ketahanan serangga terhadap panas ditentukan oleh spesies, posisi di inang, kombinasi suhu dan waktu paparan, serta stadia perkembangan serangga. Mortalitas telur 100% untuk spesies *B. cucurbitae* pada buah Melon tercapai pada suhu 46 °C selama minimal 30 menit dengan metode *hot water treatment* (Handayani et al. 2014). Marlisa (2007) juga mengemukakan bahwa mortalitas telur spesies *B. dorsalis* pada buah mangga Gedong gincu, tercapai 100% pada perendaman air panas suhu 46 °C selama minimal 10 menit. Sementara itu, menurut Heather et al. (1996 dalam Marlisa 2007) mortalitas 100% untuk spesies *Ceratitis capitata* tercapai pada suhu 46.5 °C selama 10 menit.

Stadia perkembangan serangga untuk spesies yang berbeda juga berpengaruh terhadap tingkat ketahanan panas (Hulasare et al. 2010). Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Nusantara (2012) bahwa mortalitas larva instar ketiga spesies *B. papayae* pada buah mangga Gedong gincu baru tercapai 100% pada perendaman air panas selama 20 menit dengan suhu 44 °C. Shellie dan Mangan (2002) juga menyebutkan bahwa stadia yang paling tahan terhadap panas pada *Anastrepha ludens* (*mexican fruitfly*) adalah telur dan larva instar ketiga.

### Mortalitas telur *B. papayae* secara in-vivo

Mortalitas telur lalat buah secara in-vivo dapat dilihat setelah buah mangga Arumanis diinokulasi dengan telur lalat buah, kemudian diberi perlakuan VHT suhu 47 °C, lalu didinginkan dan diinkubasi selama 48 jam. Analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan lama VHT suhu 47 °C berpengaruh signifikan terhadap tingkat mortalitas

telur *B. papayae* pada buah yang diinokulasi. Hasil pengujian mortalitas secara in-vivo disajikan pada Tabel 2.

Hasil penelitian mortalitas telur *B. papayae* secara in-vivo ini dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu penelitian yang gunakan mangga Gedong gincu (Nusantara 2012) dan Melon (Iwata 2006) sebagai inang lalat buah. Dalam penelitian ini digunakan data sekunder yang bersumber dari hasil kedua penelitian tersebut untuk mengobservasi kevalidan. Diasumsikan karakteristik buah mangga Arumanis mirip dengan buah mangga Gedong gincu. Pengujian mortalitas in-vivo dilakukan pada skala kecil (*small scale test*) sesuai yang direkomendasikan oleh JFTA (1996). Mesin VHT yang digunakan memiliki beberapa termokopel yang berfungsi sebagai sensor buah dan sensor udara. Satu buah termokopel ditusukkan ke dalam buah hingga mendekati biji yang dianggap sebagai pusat buah dan berfungsi untuk mengukur suhu dalam buah, sedangkan sensor udara diukur dengan meletakkan termokopel di permukaan atau di sekitar buah yang akan diuji. Hasil pengukuran ditampilkan pada mesin VHT.

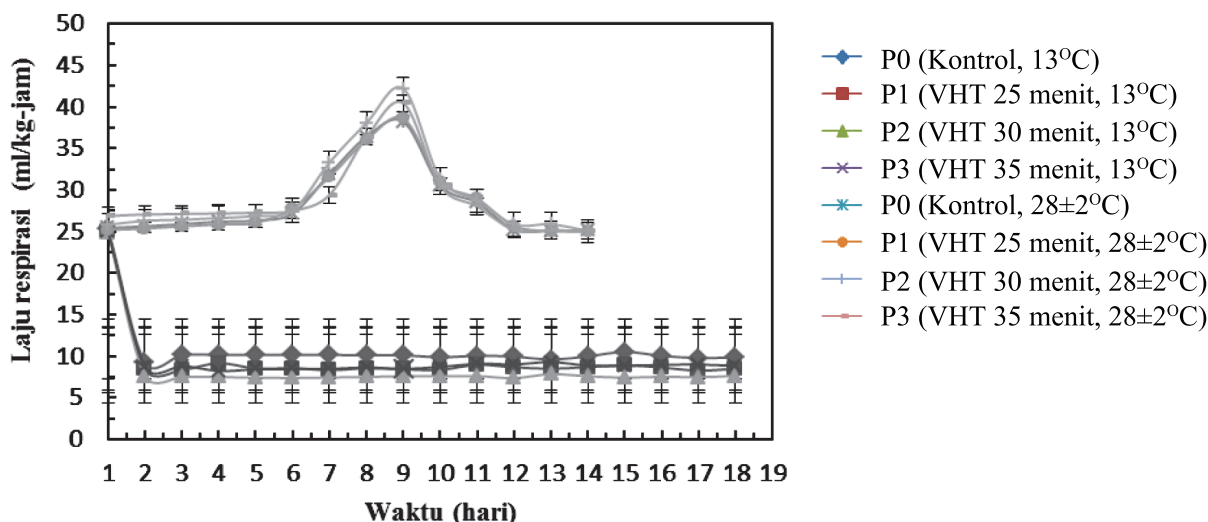
Termokopel-termokopel ini membutuhkan waktu agar dapat mencapai suhu yang diinginkan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pusat buah mangga Arumanis pada suhu 47 °C adalah selama 2 jam 16 menit. Pada mangga Gedong gincu yang berukuran lebih kecil, untuk mencapai suhu 46.5 °C dibutuhkan waktu selama 1 jam 30 menit (Nusantara 2012). Hal ini dikarenakan perbedaan kultivar mangga. Perbedaan tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan anatomi buah seperti ketebalan atau komposisi buah. Selain itu tingkat ketahanan terhadap panas antarspesies yang digunakan juga mempengaruhi perbedaan waktu pemaparan panas. Perlakuan panas akan menyebabkan telur lalat buah pada mangga Gedong gincu mengalami gangguan denaturasi protein, pH, dan keseimbangan ion di hemolimf lebih cepat

dibanding mangga Arumanis yang berukuran lebih besar dan tebal (Nusantara 2012).

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa mortalitas telur *B. papayae* mencapai 100% setelah diberi perlakuan VHT suhu 47 °C minimal selama 20 menit. Sementara itu, menurut Nusantara (2012) mortalitas telur *B. carambolae* pada buah mangga Gedong gincu mencapai 100% pada perlakuan VHT 44-48 °C minimal selama 20 menit, sedangkan Iwata (2006) mengemukakan bahwa mortalitas telur *B. cucurbitae* pada buah Melon mencapai 100% pada perlakuan VHT 46 °C selama 30 menit. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh tebalnya daging buah mangga Arumanis sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendisinfestasikan telur lalat buah. Selain itu, berdasarkan penelitian pendahuluan perbedaan suhu VHT dan lama pemaparan dapat juga dikarenakan *B. papayae* merupakan spesies yang tahan terhadap panas dibanding *B. carambolae* dan *B. cucurbitae*. Tingkat toleransi yang berbeda antarspesies diduga dipengaruhi oleh perubahan fisiologi pada serangga. Beberapa faktor fitokimia yang menentukan mortalitas serangga adalah perubahan metabolisme, penurunan respirasi, gangguan syaraf, sistem endokrin, dan produksi heat shock protein (Neven 2000).

**Pengaruh perlakuan VHT terhadap mutu buah Laju Respirasi.**

Mangga Arumanis termasuk buah klimaterik. Buah klimaterik akan mengalami perubahan laju respirasi walaupun sudah dipanen. Hal ini dikarenakan setelah di panen, buah-buahan klimaterik akan terus mengalami proses pematangan. Pengukuran laju respirasi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur kandungan CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan oleh buah dan diserap oleh toples/chamber yang dihubungkan pada alat gas analyzer. Gambar 2 menunjukkan bahwa pada hari ke-9 suhu 28±2 °C, buah mangga Arumanis yang diberi perlakuan



Gambar 2. Grafik perubahan laju respirasi pada mangga Arumanis.



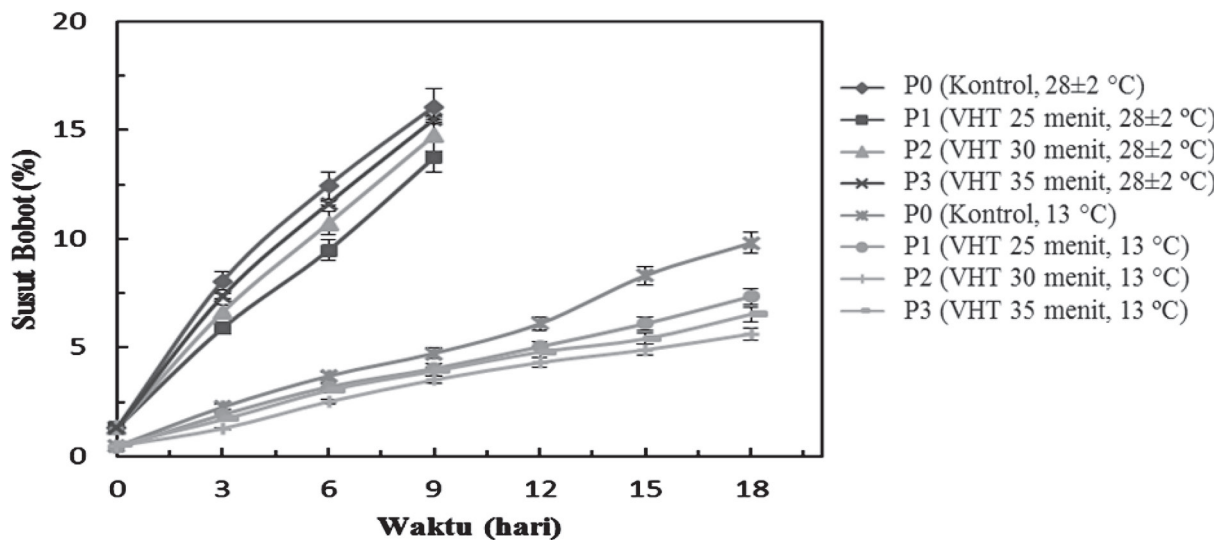
VHT dan kontrol mengalami fase klimaterik pada waktu yang bersamaan. Puncak tertinggi mencapai 42.19 ml/kg-jam untuk produksi CO<sub>2</sub>, dimana nilai tertinggi tersebut dihasilkan oleh buah mangga Arumanis yang diberi perlakuan VHT selama 30 menit. Setelah mengalami fase klimaterik, laju produksi CO<sub>2</sub> mengalami penurunan ketika memasuki fase senescence hingga penyimpanan hari ke-14. Sementara itu, pada suhu penyimpanan 13±2 °C laju produksi CO<sub>2</sub> buah mangga Arumanis tidak mengalami kenaikan dan cenderung konstan hingga penyimpanan hari ke-18.

Analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan panas VHT dan interaksi antara lama VHT dengan suhu penyimpanan tidak mempengaruhi laju respirasi buah, baik pada suhu ruang 28±2 °C maupun suhu 13±2 °C, namun suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap laju respirasi. Reaksi metabolik seperti respirasi sangat penting bagi proses pematangan buah yang pada umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Laju respirasi berbanding lurus dengan kematangan buah, dimana semakin tinggi laju

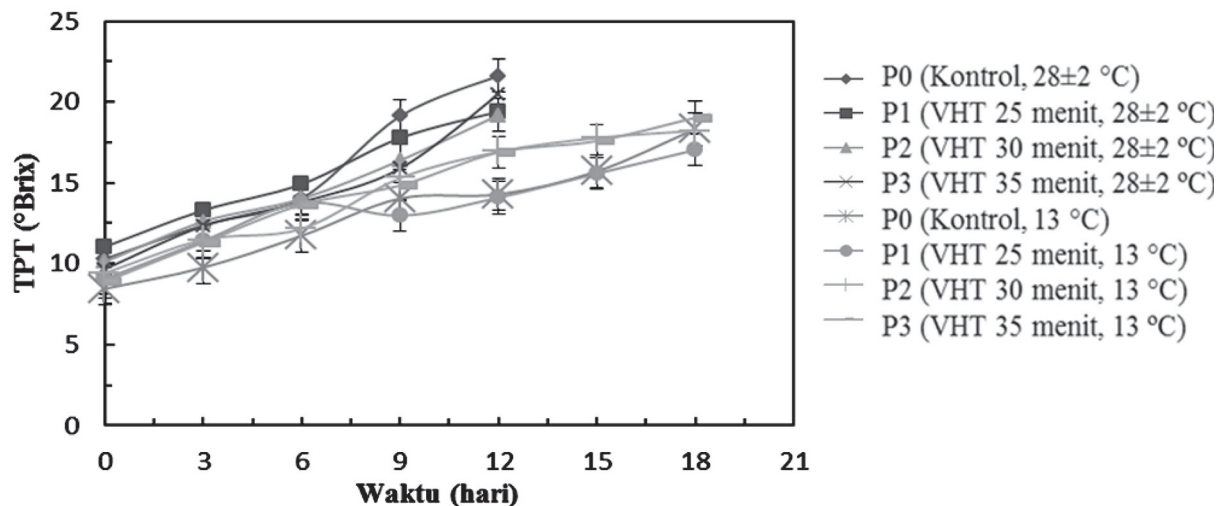
respirasi maka kematangan pun akan meningkat. Nordey et al. (2016) mengemukakan bahwa komposisi gas, produksi etilen, dan keseimbangan air dalam bahan dapat mempengaruhi laju respirasi selama kematangan. Selain itu, laju respirasi juga dipengaruhi oleh kondisi selama penyimpanan (Mendoza et al. 2016).

**Mutu Buah.**

Mutu buah yang diamati akibat pengaruh VHT dan suhu penyimpanan meliputi susut bobot, total padatan terlarut, kekerasan, dan vitamin C. Perubahan susut bobot mangga Arumanis selama penyimpanan diperlihatkan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, mangga Arumanis mengalami penyusutan bobot yang terus meningkat dari hari ke hari, baik pada sampel yang diberi perlakuan maupun kontrol. Analisis ragam menjelaskan bahwa perlakuan lama VHT dan interaksi antara lama VHT dengan suhu penyimpanan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap susut bobot mangga Arumanis namun perlakuan suhu penyimpanan mampu



Gambar 3. Grafik susut bobot mangga Arumanis selama penyimpanan.



Gambar 4. Grafik TPT mangga Arumanis pada suhu 28±2 °C dan suhu 13±2 °C.

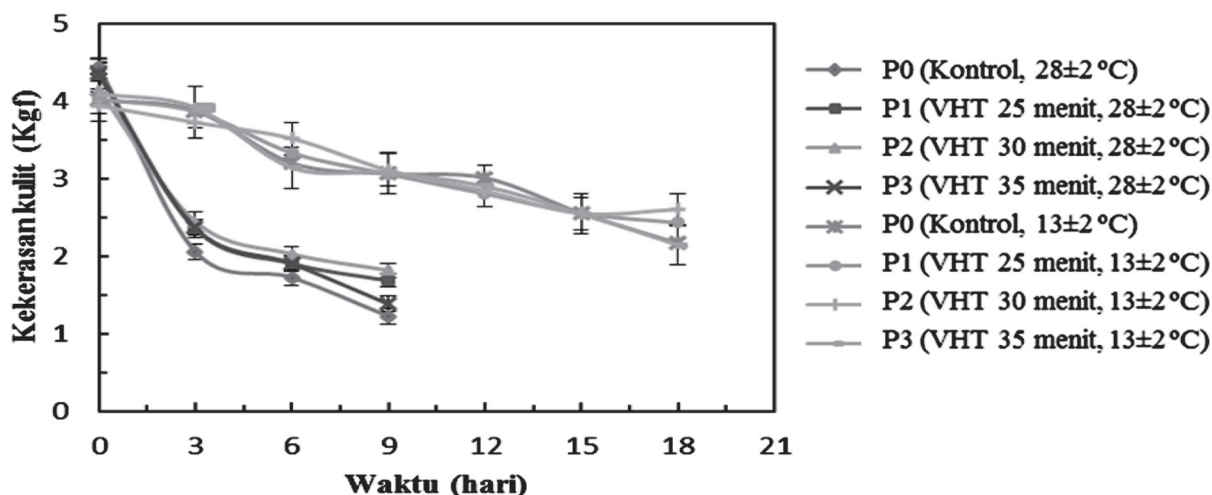
menekan susut bobot selama penyimpanan.

Penurunan bobot pada bahan umumnya disebabkan oleh kehilangan air melalui proses metabolisme yaitu respirasi dan transpirasi (penguapan). Penurunan bobot seringkali menjadi basis pengukuran kualitas dan kuantitas produk. Susut bobot merupakan salah satu parameter yang diamati untuk mengetahui kemungkinan adanya penurunan bobot sampel. Susut bobot dianggap sebagai penurunan nilai ekonomi bagi produk hortikultura termasuk mangga Arumanis. Muchtadi *et al.* (2010) menyatakan bahwa buah mengalami susut bobot selama penyimpanan sebagai akibat dari hilangnya air dalam buah oleh proses respirasi dan transpirasi.

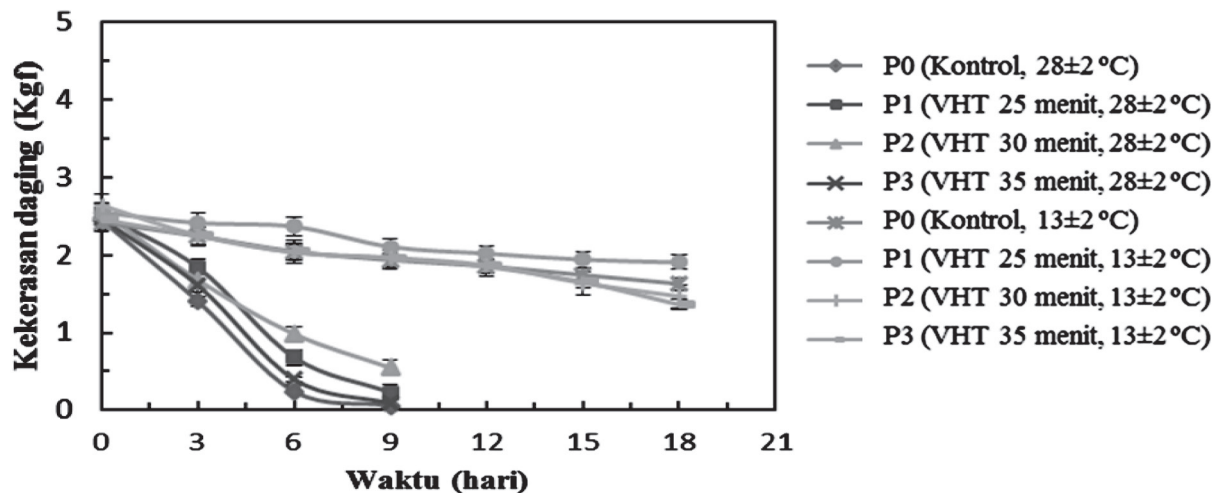
Penurunan bobot sangat berkaitan dengan proses transpirasi. Laju transpirasi pada produk hortikultura sangat penting untuk diperhatikan dikarenakan kandungan utama bahkan bagian terbesar dari produk hortikultura segar adalah air, dan kehilangan air dalam jumlah yang cukup besar dapat berakibat pada pelayuan atau penurunan tingkat kesegaran produk. Proses metabolisme mangga selama penyimpanan juga dipengaruhi

oleh suhu simpannya. Suhu yang lebih rendah akan menghambat proses metabolisme seperti respirasi dan transpirasi. Hal ini juga disampaikan oleh Elsheikk *et al.* (2014) yaitu suhu dingin dapat menghambat laju metabolisme sehingga perubahan internal buah lebih lambat dan dapat memperpanjang umur simpannya.

Total padatan terlarut (TPT) mangga Arumanis setelah mendapat perlakuan VHT mengalami perubahan selama penyimpanan seperti pada Gambar 4. Setiap produk hortikultura mengandung komponen-komponen padatan terlarut. Total padatan terlarut mencakup semua padatan yang terlarut dalam buah, termasuk gula, vitamin, dan komponen lainnya. Komponen terlarut yang paling banyak dalam buah adalah kandungan gula, sehingga banyaknya TPT yang terukur mampu merepresentasikan tingkat kemanisan daging buah. Sedikit-banyaknya kandungan TPT dalam bahan tergantung perubahan selama penanganannya, umumnya akan terus meningkat seiring kematangan. Analisis ragam menyatakan bahwa perlakuan VHT dan interaksi antara lama VHT dengan suhu penyimpanan yang diberikan



Gambar 5. Grafik kekerasan kulit mangga pada suhu 28±2 °C dan suhu 13±2 °C.



Gambar 6. Grafik kekerasan daging mangga pada suhu 28±2 °C dan suhu 13±2 °C.

tidak mempengaruhi nilai TPT, namun dipengaruhi oleh suhu penyimpanan.

Hasbullah (2008) mengemukakan bahwa perlakuan panas tidak berpengaruh nyata pada perubahan nilai TPT mangga Irwin hingga 14 hari penyimpanan. Rohaeti (2010) juga menambahkan bahwa suhu penyimpanan yang rendah akan menghambat proses pematangan. Peningkatan TPT dari hari ke hari menunjukkan bahwa proses pematangan buah masih terus berlangsung. Perubahan ini terkait dengan komposisi pati dalam daging buah dimana pada saat proses pematangan berlangsung akan terjadi perombakan pati menjadi gula sehingga berpengaruh terhadap nilai TPT buah secara alami (Ahmad 2013).

Tingkat kekerasan buah juga menjadi indikator mutu yang perlu diperhatikan karena dengan melihat nilai kekerasan ini dapat menentukan preferensi konsumen. Perubahan nilai kekerasan buah mangga Arumanis dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan VHT, suhu penyimpanan, dan interaksi keduanya tidak mempengaruhi kekerasan buah, baik pada suhu ruang  $28 \pm 2$  °C maupun suhu  $13 \pm 2$  °C. Menurut Winarno (2002), perubahan tekstur buah yang semula keras menjadi lunak dikarenakan selama proses kematangan terjadi perubahan komposisi dinding sel sehingga menyebabkan turunnya tekanan turgor sel dan kekerasan buah pun menurun. Terjadinya degradasi dinding sel dan hasil dari perubahan biokimia selama penyimpanan merupakan faktor yang menyebabkan penurunan nilai kekerasan buah (Charlos et al. 2012).

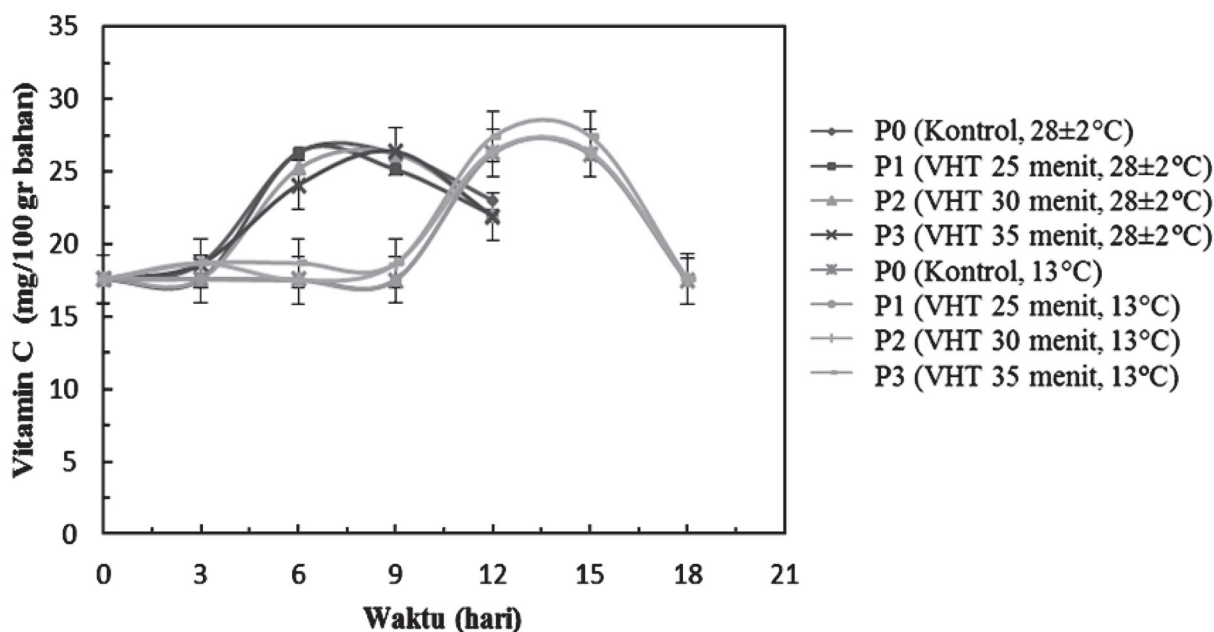
Penurunan kekerasan ini bukan dipicu oleh kerusakan akibat pemberian perlakuan VHT dan suhu penyimpanan, melainkan pada umumnya produk hortikultura memang akan mengalami penurunan nilai kekerasan seiring bertambahnya

waktu penyimpanan. Kekerasan buah tergantung dari sifat jaringan seperti kandungan air, penyusun dasar dinding sel dan tekanan turgor pada dinding sel. Perubahan tekstur dipengaruhi oleh perombakan dinding sel. Komposisi selulosa, hemiselulosa, lignin dan kandungan pektin juga merupakan komponen yang mempengaruhi perubahan tekstur buah selama proses pematangan (Winarno 2002). Perubahan selama pematangan buah sering dikaitkan dengan perombakan enzimatik dinding sel oleh enzim pectinesterase, poligalakturonase, dan selulase serta modifikasi pektin pada dinding sel selama pematangan buah (White 2002).

Banjongsinsiri et al. (2004) juga melaporkan bahwa pelunakan buah diduga berkaitan dengan depolimerisasi dan solubilisasi dari zat pektin dalam lamella tengah pada dinding sel dan diyakini terlibat dalam hidrolisis dinding sel. Selain itu, aktivitas poligalakturonase (PG) dan selulase terus meningkat selama pematangan dan cenderung bertanggungjawab atas pelunakan mangga Nam Dokmai. Aktivitas  $\beta$ -galaktosidase pada mangga Arumanis juga meningkat selama pematangan dan berhubungan dengan peningkatan kelarutan dan depolimerisasi pektin pada dinding sel. Sebaliknya, aktivitas pektinmetilesterase (PME) dan hemiselulase mengalami penurunan pada mangga Tommy Atkins, Nam Dokmai, Arumanis, dan Keitt selama pematangan.

Mutu mangga Arumanis juga perlu diketahui melalui analisis kimiawi. Pengujian kadar vitamin C atau asam askorbat merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan kandungan kimia dari mangga Arumanis yang diberi perlakuan VHT dan suhu penyimpanan. Perubahan kadar vitamin C pada mangga Arumanis selama penyimpanan ditunjukkan pada Gambar 7.

Kadar vitamin C pada buah klimaterik umumnya



Gambar 7. Grafik vitamin C mangga Arumanis pada suhu  $28 \pm 2$  °C dan  $13 \pm 2$  °C.

meningkat seiring meningkatnya total padatan terlarut dalam buah. Vitamin C akan mengalami peningkatan ketika mencapai kematangan optimum dan kemudian akan menurun ketika buah memasuki fase pelayuan/pembusukan. Kusnandar (2010) juga mengatakan bahwa vitamin C mudah rusak selama pemasakan dan penyimpanan. Gambar 7 menunjukkan bahwa kenaikan kadar vitamin C pada suhu  $28 \pm 2$  °C terjadi pada hari ke 6 sedangkan pada suhu  $13 \pm 2$  °C terjadi pada hari ke 12. Perbedaan ini juga sangat berkaitan dengan struktur kimia vitamin C yang mengandung gugus-gugus reaktif yang mudah teroksidasi oleh oksigen dan rentan terhadap panas.

Perubahan vitamin C yang terjadi pada suhu  $13 \pm 2$  °C sangat berbeda dibanding dengan buah yang disimpan pada suhu  $28 \pm 2$  °C. Pada hari ke-12, kadar vitamin C pada suhu  $28 \pm 2$  °C mengalami penurunan akibat pembusukan buah sehingga pengujian tidak diteruskan. Sementara itu, kadar vitamin C untuk suhu  $13 \pm 2$  °C pada hari ke-12 hingga ke-15 justru sedang mengalami peningkatan yang optimal, bahkan peningkatannya lebih tinggi dibanding peningkatan vitamin C hari ke-6 hingga ke-9 pada suhu  $28 \pm 2$  °C. Kadar vitamin C yang tertinggi adalah perlakuan VHT selama 35 menit dengan penyimpanan suhu  $13 \pm 2$  °C, yaitu sebesar 27.41 mg/100 gr bahan. Hal ini diduga karena adanya interval waktu yang cukup panjang antarsuhu ketika diuji (baik suhu  $28 \pm 2$  °C maupun  $13 \pm 2$  °C) sehingga menghasilkan perbedaan nilai yang signifikan. Transisi waktu pengujian yang panjang antarsampel dapat menyebabkan kerusakan pada bahan uji oleh faktor lingkungan (eksternal). Terjadinya peningkatan vitamin C yang tinggi pada suhu  $13 \pm 2$  °C diduga akibat masa tunggu pengujian yang cukup lama sehingga terjadi reaksi oksidasi vitamin C yang berlangsung lebih cepat dengan adanya pemanasan, cahaya, alkali, oksidator, dan katalis selama jeda waktu uji di ruang pengujian. Hal ini seperti dikatakan oleh Odriozola-Serrano *et al.* (2007) bahwa vitamin C sangat labil, terutama karena paparan suhu tinggi, kation seperti tembaga dan besi, oksigen, pH basa, cahaya atau enzim.

Hasil analisis ragam vitamin C menunjukkan bahwa perlakuan panas VHT dan suhu penyimpanan, serta interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kadar vitamin C buah mangga Arumanis. Hasil yang diperoleh tidak sejalan dengan pernyataan Paull dan Chen (2000) yang melaporkan bahwa perlakuan panas tidak mempengaruhi mutu buah terutama keasaman pada buah. Pengaruh variabel dari perlakuan panas terhadap kadar gula dan keasaman buah tergantung kepada suhu dan durasi. Berdasarkan penelitian ini, selain suhu dan durasi selama pemanasan maupun penyimpanan, faktor eksternal selama pengujian juga perlu diperhatikan untuk meminimalkan kerusakan vitamin C.

## Simpulan

Mortalitas telur lalat buah *Bactrocera papayae* secara in-vitro mencapai 100% pada suhu 46 °C selama 10 menit, sedangkan secara in-vivo pada buah mangga Arumanis dengan perlakuan VHT pada suhu pusat 47 °C dibutuhkan waktu minimal selama 20 menit. Lama VHT berpengaruh signifikan terhadap kadar vitamin C, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap susut bobot, total padatan terlarut, dan kekerasan. Semakin lama waktu VHT cenderung meningkatkan nilai total padatan terlarut dan kadar vitamin C pada buah. Perlakuan VHT suhu 47 °C selama 25-30 menit tidak menyebabkan kerusakan pada buah berdasarkan parameter mutu susut bobot, total padatan terlarut, dan kekerasan, serta tidak menyebabkan kerusakan fisiologi, dimana pola respirasi klimaterik masih berlangsung secara normal. Suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap masa simpan mangga yang telah diberi perlakuan VHT. Buah yang diberi perlakuan VHT dapat bertahan selama 18 hari pada penyimpanan suhu  $13 \pm 2$  °C dan selama 9 hari untuk suhu  $28 \pm 2$  °C.

## Daftar Pustaka

- Ahmad U. 2013. *Teknologi Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran*. Yogyakarta (ID). Penerbit Graha Ilmu.
- Banjongsinsiri P, Kenney S, Wicker L. 2004. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. *J Sci Food Agric* 84:1493–1499 (online: 2004). DOI: 10.1002/jsfa.1782
- Carrillo JA, Ramirez BF, Torres V JB, Rojas VR, Yahi EM. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality* 23; 479-486.
- Charlos HP, Yahia E, Osuna MAI, Martinez PG, Sanchez MR, Aguilar GAG. 2012. Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L cv Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Journal Scientia Horticulturae* 135:7-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.027>
- Elsheikk AOK, Nour AE, Elkhailifa AEO. 2014. Effect of storage on the quality attributes of concentrates of two mango (*Mangifera indica*) varieties grow in Sudan. *British Journal of Applied Science & Technology* 4(14): 2069-2078. doi: 10.9734/BJAST/2014/9398
- Handayani ND, Lestari P, Suwandi T. 2014. Disinfestasi *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) pada Melon (*Cucumis melo* L.) dengan Perlakuan Air Panas. Balai Uji Terap Teknik dan Metode Karantina Pertanian. Badan Karantina Pertanian

- Hasbullah R, Kawasaki S, Kojima T, Akinaga T. 2008. Effect of heat treatment on respiration and quality of Irwin mango. *J. Society of Agricultural Structure*, Vol.9. No. 2.
- Hasbullah R, Rohaeti E, Syarief R. 2013. Fruit Fly Disinfestations of Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.) Using Vapor Heat Treatment (VHT). *Acta Hort.* 1011.
- Heather NW, RJ Corcoran, RA Kopittke. 1996. Hot air disinfestations of Australian 'Kensington' mangoes against two fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Postharvest Biol. Technol.* 10, 99-105.
- Hulasare R, Bh. Subramanyam PG, Fields, Abdelghany AY. 2010. Heat treatment: a viable methyl bromide alternative for managing stored-product insects in food-processing facilities. In: OM Carvalho PG. Fields, C. Adler, (Eds.), *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection*, 27 June - 2 July, 2010, Estoril, Portugal, Julius-Kühn-Archiv, Berlin, Germany, pp. 661-667.
- Iwata, M., Kunio, S., Kazunori, K., and Akihiko, I. 2006. Vapor Heat Treatment of Netted Melons. *Research Bulletin of the Plant Protection Service. Japan.* 26:45-49.
- [JFTA] Japan Fumigation Technology Association. 1996. *Textbook for Vapor Heat Disinfestation Test Technicians (Revised)*. Okinawa (JP): Japan International Cooperation Agency.
- Loganathan M, Jayas DS, Field PG, White NDG. 2011. Low and high temperature for the control of cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in chickpeas. *Journal of Stored Products Research.* 47:244-248.
- Marlisa E. 2007. Kajian Disinfestasi Lalat Buah dengan Perlakuan Uap Panas (*Vapor Heat Treatment*) pada Mangga Gedong Gincu [Tesis] Bogor. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mendoza R., Castellanos DA Garcia JC, Vargas JC, Herrera AO, 2016. Ethyleneproduction, respiration and gas exchange modelling in modified atmosphere packaging for banana fruits. *Int. J. Food Sci. Technol.* 51, 777-788.
- Neven LG. 2000. Physiological responses of insects to heat. *Postharvest Biology and Technology* 21:103-111.
- Nordey T, Mathieu L, Michel G, Jacques J. 2016. Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. *Journal of Plant Physiology* 196 (2016) 70-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2016.03.008>.
- Nusantara A. 2012. Disinfestasi Telur dan Larva Lalat buah pada Buah Mangga Gedong Gincu (*Mangifera indica*) dengan Teknik Perlakuan Uap Panas [Tesis] Bogor. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Odriozola-Serrano I, Hernandez-Jover T, Martin-Belloso O. 2007. Comparative evaluation of UV-HPLC methods and reducing agents to determine vitamin C in fruits. *Food Chemistry.* 105, 1151-1158.
- Paull RE, and Chen NJ. 2000. *Heat Treatment and Fruit Ripening*. *Postharvest. Biology and Technology.* 21: 21-37.
- White PJ. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *Journal of Experimental Botany.* 53:1995-2000. doi: 10.1093/jxb/erf105
- Winarno FG. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura. Bogor (ID): M-Brio Press.*