

Aplikasi Kitosan dan Suhu Simpan untuk Melindungi Buah Pepaya ‘California’ terhadap Infeksi Jamur Antraknosa

Soesiladi E. Widodo^{1*}, Suskandini R. Dirmawati², Zulferiyenni³, Rachmansyah A. Wardhana⁴, Rini S. Indra¹

¹Laboratorium Pascapanen Hortikultura, Jurusan Agroteknologi; ²Jurusan Proteksi Tanaman; ³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung; ⁴PT Great Giant Foods, Terbanggi Besar, Lampung Tengah

*Email korespondensi: sestiwidodo@gmail.com

ABSTRACT

‘California’ papaya is climacteric fruit with short shelf-life due to quickly decrease of fruit qualities. Starch degradation into sugars during fruit ripening makes its tissues are susceptible to diseases. Applications of fruit coating with chitosan and low temperature storage are expected to increase its fruit shelf-life and suppress the fungal growth of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). This research objectives were to study the effects of chitosan, storage temperatures, and their interactions to the growth of anthracnose *in-vitro* and *in-vivo* in ‘California’ papaya fruits. Two parallel *in-vitro* and *in-vivo* experiments were conducted in a completely randomized design of 3 x 2 factorial design. The first factor was chitosan (0; 1.25; 2.50%), the second one was storage temperatures (27-28 °C and 16-18 °C). In *in-vitro*, observations were made on PDA substrate embedded with chitosans in petri dishes, and inoculated with anthracnose. In *in-vivo*, observations were made on chitosan-coated papaya fruits inoculated with anthracnose. The results showed that chitosan applied *in-vitro* suppressed totally the fungal growth, but was ineffective *in-vivo*, low storage temperature 16-18 °C decreased significantly the fungal growth *in-vitro* by 33.98% and reduced disease severeness *in-vivo* by 50.02%, and the two factors were interacted in suppressing the fungal growth.

Keywords: *colletotrichum*, *in-vitro*, *in-vivo*, postharvest, coating

ABSTRAK

Pepaya ‘California’ adalah buah klimakterik bermasa simpan pendek dan penurunan mutu buah sangat cepat. Terjadinya degradasi pati menjadi gula selama pemasakan buah menyebabkan jaringannya rentan terhadap penyakit. Aplikasi pelapis buah kitosan dan suhu-simpan rendah diharapkan mampu meningkatkan masa simpan buahnya dan menekan pertumbuhan jamur antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*). Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh pelapis buah kitosan, suhu simpan, dan interaksinya terhadap pertumbuhan jamur antraknosa *in-vitro* dan *in-vivo* pada buah pepaya ‘California’. Dua percobaan *in-vitro* dan *in-vivo* dilakukan paralel di dalam rancangan teracak sempurna, tersusun secara faktorial 3 x 2. Faktor I adalah kitosan (0, 1.25 dan 2.50%), dan faktor II adalah suhu simpan [suhu ruang (27-28 °C) dan suhu dingin (16-18 °C)]. Pada *in-vitro*, pengamatan dilakukan pada media PDA berkitosan di dalam cawan petri, dan diinokulasi dengan antraknosa. Pada *in-vivo*, pengamatan dilakukan pada buah pepaya berkitosan yang diinokulasi dengan antraknosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan secara *in-vitro* mampu menekan secara total pertumbuhan jamur antraknosa, tetapi tidak efektif secara *in-vivo*, suhu simpan rendah nyata menurunkan pertumbuhan jamur *in-vitro* sebesar 33,98% dan tingkat keparahan penyakit *in-vivo* sebesar 50.02%, dan kedua perlakuan berinteraksi di dalam menekan pertumbuhan jamur antraknosa.

Kata kunci: *colletotrichum*, *in-vitro*, *in-vivo*, pascapanen, pelapisan

PENDAHULUAN

Pepaya ‘California’ (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman buah dari famili Caricaceae yang banyak ditanam dan cocok di banyak kondisi lingkungan budidaya. Di dalam pengembangan budidayanya saat ini, selain permasalahan produktivitasnya yang rendah (berkisar antara 30- 40 kg per pohon, RUSNAS, 2002-2007), teknologi pascapanennya terkendala dengan teksturnya yang lembut dan transpirasinya yang tinggi yang banyak dipengaruhi oleh kulitnya yang sangat tipis. Pepaya tergolong ke dalam buah klimakterik. Buah klimakterik dicirikan dengan laju respirasinya yang tinggi, sehingga masa simpan buah menjadi pendek. Akibatnya pemecahan pati menjadi gula semakin tinggi yang dapat menyebabkan jaringan lebih peka terhadap serangan

jamur. Secara alamiah, buah segar mudah mengalami kerusakan fisik, di antaranya disebabkan oleh gangguan patogen, sedangkan buah segar untuk tujuan ekspor memerlukan syarat bersih, sehat, dan masih segar saat sampai ke konsumen negara tujuan. Terdapat beberapa patogen yang dapat menginfeksi buah pepaya pascapanen, di antaranya adalah jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. yang menyebabkan penyakit antraknosa pada buah (Singh *et al.*, 2012).

Coating adalah teknik pelapisan buah yang diharapkan mampu untuk mempertahankan mutu dan masa simpan buah, serta dapat melindungi buah dari pengaruh faktor luar. Penelitian Hamdayanti *et al.* (2012) menunjukkan bahwa pada konsentrasi kitosan 0.25, 0.5, 0.75, dan 1% dengan lama simpan 6 hari setelah perlakuan dapat 100% mengendalikan penyakit antraknosa. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat hubungan antara masa simpan buah dengan intensitas serangan jamur pada buah pepaya.

Kitosan banyak diklaim mempunyai sifat biopestisida pada berbagai buah (Pamekas, 2007; Hamdayanti *et al.*, 2012; Trisnawati *et al.*, 2013; Raqeeb *et al.*, 2009; Yanti *et al.*, 2009; El-Ghaouth *et al.*, 1991; Marques *et al.*, 2016). Penelitian El-Ghaouth *et al.* (1991) menyatakan bahwa kitosan dapat menginduksi enzim kitinase yang dapat mendegradasi kitin, yang merupakan penyusun utama dinding sel jamur sehingga dapat digunakan sebagai biofungisida. Sifat biofungisida yang dibuktikan dengan kemampuannya menekan secara total pertumbuhan jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. muncul pada kondisi *in-vitro* (Jinasena *et al.*, 2011), namun hasil yang beragam tampak pada kondisi *in-vivo* yang umumnya menunjukkan bahwa jamur antraknosa masih dapat tumbuh pada lingkungan berkitosan (Jinasena *et al.*, 2011; Bautista-Banos *et al.*, 2003; Marques *et al.*, 2016). Hasil-hasil ini mengindikasikan bahwa penelitian tentang efektivitas kitosan sebagai biofungisida pada buah pepaya masih perlu dikaji, khususnya pada kondisi *in-vivo*.

Kecepatan respirasi buah dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan udara di lingkungan buah. Semakin tinggi suhu berbanding lurus dengan semakin cepat laju respirasi pada buah. Oleh karena itu, suhu rendah dibutuhkan untuk penyimpanan buah sebagai upaya menekan laju respirasi yang dapat memperpanjang masa simpan buah.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mempelajari (1) pengaruh kitosan, (2) suhu simpan, dan (3) interaksi keduanya dalam menekan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* pada kondisi *in-vitro* dan *in-vivo* pada buah pepaya 'California'.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pascapanen dan Laboratorium Proteksi Tanaman, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada Juli-September 2015.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pepaya 'California' stadium I (hijau dengan semburat kuning di pangkal buah), kitosan (1,25 dan 2,50%), inokulum jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc., media PDA, larutan NaOCl 0,525%, asam asetat 1%, aquades, larutan klorok dan *plastic wrap*. Buah pepaya 'California' stadium I yang diperoleh dari PT Nusantara Tropical Farm (PT. NTF), Labuhan Ratu, Lampung Timur, dibawa ke Laboratorium Pascapanen Hortikultura, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Buah pepaya 'California' disortir berdasarkan keseragaman ukuran dan tingkat kemasakan buah. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, jarum *ose*, bor gabus, *hands prayer*, mikroskop, dan *haemocytometer*.

Penelitian dilaksanakan dengan dua sub-percobaan, yaitu secara *in-vitro* dan *in-vivo*. Pada penelitian secara *in-vitro* pengamatan dilakukan pada media PDA yang mengandung kitosan dan telah diberi inokulum jamur *C. gloeosporioides* yang disimpan pada suhu ruang (27-28 °C) dan suhu dingin (16-18 °C). Pengamatan secara *in-vitro* dihentikan pada saat jamur *C. gloeosporioides* pada media kontrol telah memenuhi cawan petri. Pengamatan pada penelitian secara *in-vivo* dilakukan pada buah pepaya yang telah diinfeksi dengan jamur *C. gloeosporioides* yang disimpan pada suhu ruang (27-28 °C) dan suhu dingin (16-18 °C). Pengamatan secara *in vivo* dihentikan pada saat buah menunjukkan gejala penurunan mutu seperti timbulnya bercak penyakit dari jamur *C. gloeosporioides*.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Teracak Sempurna (RTS) dengan tiga ulangan. Rancangan perlakuan disusun secara faktorial 3 x 2. Faktor pertama adalah konsentrasi kitosan dengan taraf: 0 (K₀), 1.25 (K₁), dan 2.50% (K₂). Faktor kedua adalah suhu penyimpanan dengan dua taraf: suhu ruang 27-28 °C (T₀) dan suhu dingin 16-18 °C (T₁). Data diolah menggunakan sidik ragam, dengan menggunakan *Statistix 8*. Selanjutnya nilai tengah antar perlakuan diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) α 5%.

Biakan jamur *C. gloeosporioides* dibuat dengan cara memotong jaringan buah pepaya yang sakit dengan ukuran 5-10 mm. Potongan pepaya diisolasi ke dalam media PDA yang telah diperlakukan dengan kitosan dan diinkubasikan selama 7 hari. Uji penghambatan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* dilakukan dengan

menumbuhkan isolat jamur *C. gloeosporioides* pada media PDA yang mengandung kitosan sesuai perlakuan. Setiap perlakuan konsentrasi kitosan terdiri atas tiga ulangan.

Pada *in-vitro* pengamatan keefektifan kitosan dilakukan setiap hari dengan mengukur diameter pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* dibandingkan dengan kontrol dan dihentikan pada saat biakan jamur *C. gloeosporioides* pada kontrol memenuhi cawan petri. Pertumbuhan *C. gloeosporioides* diamati dengan cara mengukur diameter koloni yang terpanjang dan terpendek.

Pada *in-vivo* inokulum *C. gloeosporioides* diinokulasikan ke tiga bagian buah, yaitu ujung, tengah, dan pangkal buah dengan cara menempelkan potongan biakan *C. gloeosporioides* sebesar potongan cakram berukuran 5 mm dan dilekatkan dengan selotip. Selanjutnya buah pepaya diletakkan pada masing-masing perlakuan suhu simpan. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan mengukur perkembangan gejala busuk yang muncul pada buah dengan skor. Skor tiap kategori serangan mengikuti ketentuan: 0 = tidak bergejala, 1 = bercak ringan pada buah (1-19%), 2 = bercak sedang pada buah (mencapai 20%), 3 = bercak sedang disertai busuk ringan pada buah, 4 = bercak luas dan busuk pada buah (Hamdayanty *et al.*, 2012). Pengukuran tingkat Keparahan Penyakit (KP) pada buah pepaya dihitung dengan rumus: $KP = \frac{\sum n.v}{n.V} \times 100\%$, keterangan: KP = keparahan penyakit (%); n = sampel per kategori; v = skor keparahan; N = jumlah sampel yang diamati; V = skor tertinggi (Hamdayanty *et al.*, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala awal dari pepaya yang terinfeksi antraknosa [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.] adalah muncul bulatan kecil, terdapat air pada permukaan buah yang masak (*ripe*). Bulatan dapat menjadi besar hingga 5 cm saat pemasakan buah. Massa konidia berwarna merah muda-oranye menutupi pusat bulatan. Infeksi mengakibatkan jaringan buah menjadi lebih lembut dan bagian yang terinfeksi akhirnya jatuh atau mudah terpisah dari buah (Hewajulige dan Wijeratnam, 2010).

Hasil penelitian secara *in-vitro* (Tabel 1 dan Gambar 1) menunjukkan bahwa pencampuran kitosan ke dalam media PDA berpengaruh nyata dalam menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. Perlakuan kitosan 1,25% dan 2,50% pada media PDA menyebabkan jamur *C. gloeosporioides* tidak mampu tumbuh secara total dalam kondisi *in-vitro*. Hasil serupa dilaporkan oleh Bautista-Banos *et al.* (2003), Jinasena *et al.* (2011), Hamdayanty *et al.* (2012), dan Marques *et al.* (2016), yang secara umum menyatakan bahwa perlakuan kitosan mampu menekan infeksi *C. gloeosporioides* secara *in-vitro* dengan tingkat hambatan relatif yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kitosan yang digunakan dan dengan intensitas hambatan yang berbeda pada buah yang berbeda.

Tabel 1. Pengaruh kitosan, suhu simpan, dan interaksinya terhadap serangan jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. pada buah pepaya 'California' secara *in-vitro* dan *in-vivo* pada 12 HS

Perlakuan	<i>In-vitro</i>	<i>In-vivo</i>
	Diameter Jamur (cm)	Keparahan Penyakit (%)
Kitosan (K):		
Kitosan 0% (K ₀)	6,45 a	15,27 b
Kitosan 1,25% (K ₁)	0,00 b	9,72 b
Kitosan 2,50% (K ₂)	0,00 b	29,16 a
Suhu Simpan:		
Suhu Ruang (T ₀)	2,59 a	24,07 a
Suhu Dingin (T ₁)	1,71 b	12,03 b
Kitosan x Suhu Simpan:		
K ₀ T ₀	7,78 a	25,00 ab
K ₀ T ₁	5,13 b	5,55 c
K ₁ T ₀	0,00 c	13,88 bc
K ₁ T ₁	0,00 c	5,55 c
K ₂ T ₀	0,00 c	33,33 a
K ₂ T ₁	0,00 c	24,99 ab

*Nilai selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT α 5%.

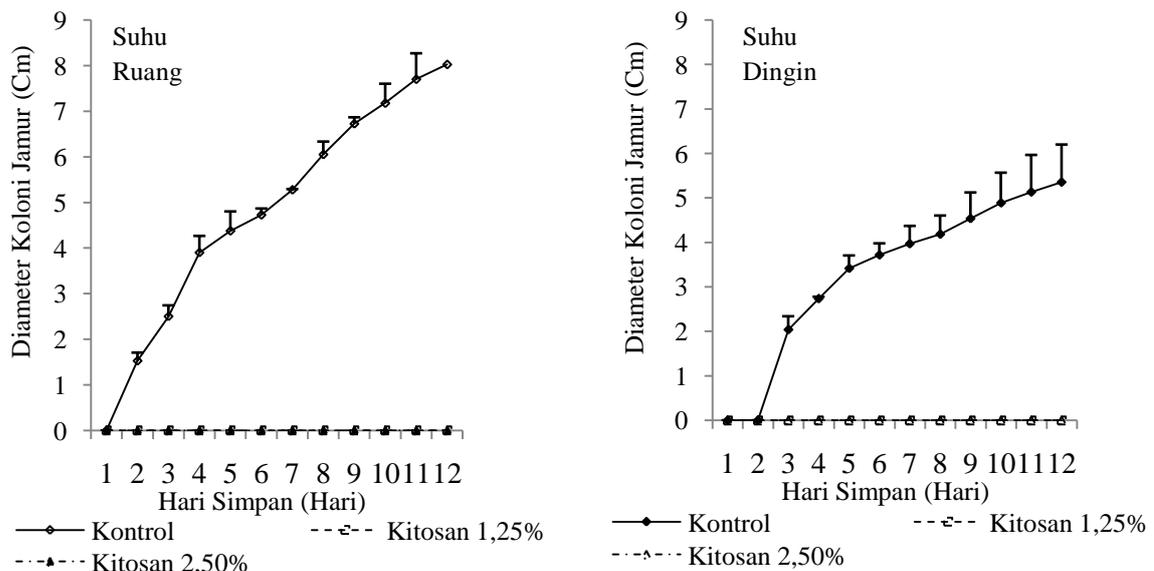
Suhu merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur (TeBeest *et al.*, 1978). Hal tersebut didukung oleh penelitian Singh *et al.* (2012) yang menunjukkan bahwa suhu rendah mengurangi

respirasi dan sporulasi. Penelitian secara *in-vitro* pada Tabel 1 menunjukkan bahwa suhu dingin secara nyata menekan 33,98% pertumbuhan jamur dalam media dibandingkan dengan pertumbuhan jamur dalam media pada suhu ruang.

Suhu, kelembapan, dan pH mempengaruhi pertumbuhan dan sporulasi jamur *C. gloeosporioides*. Kisaran suhu 25-30 °C dan pH 6-7 merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan jamur pada inangnya. Pertumbuhan jamur akan semakin efektif pada kelembapan yang tinggi dan kondisi yang hangat dalam menyebarkan penyakit antraknosa (Gautam, 2014).

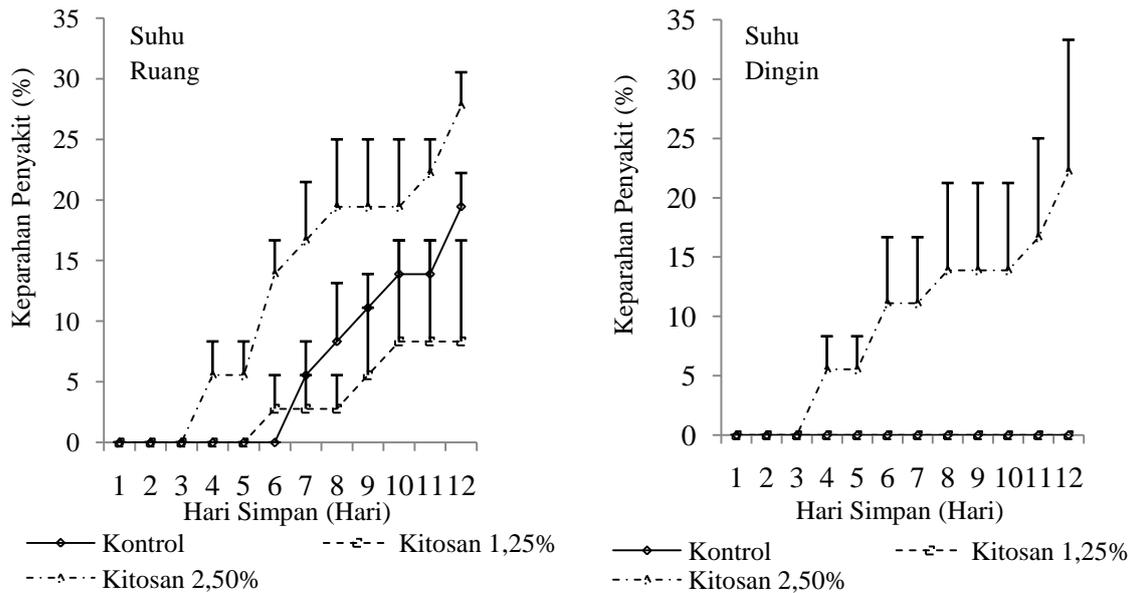
Pengaruh suhu simpan terhadap pertumbuhan jamur menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada diameter jamur dan masa inkubasi jamur (Gambar 1). Penelitian Morris *et al.* (1996) membuktikan bahwa masa inkubasi jamur *C. gloeosporioides* adalah 7 hari yang ditunjukkan oleh pertumbuhan isolat jamur mencapai lebih dari 90%. Gambar 1 menunjukkan kecepatan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* dalam media PDA yang ditunjukkan dari bertambahnya diameter jamur. Pada suhu dingin bukan hanya masa inkubasinya melambat, tetapi kecepatan pertumbuhan diameter jamurnya pun rendah. Pada perlakuan suhu ruang masa inkubasi jamur dimulai pada hari simpan pertama, sedangkan pada perlakuan suhu dingin masa inkubasi jamur dimulai pada hari simpan ke dua. Efek kombinasi perlakuan kitosan dan suhu sangat ditentukan oleh efek kitosan yang mampu menekan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* (Tabel 1 dan Gambar 1).

Hasil penelitian secara *in-vivo* pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan pelapis buah kitosan 1,25% berpengaruh tidak nyata dalam menekan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* pada buah pepaya. Namun justru perkembangan jamur *C. gloeosporioides* paling tinggi ditunjukkan pada buah pepaya yang dilapisi dengan kitosan pada konsentrasi 2,50%. Hal tersebut diduga karena kitosan konsentrasi 2,50% sebagai pelapis buah terlalu tebal dalam menutupi dinding sel, sehingga menyebabkan suhu dan kelembapan tinggi dalam buah yang berakibat memperparah pertumbuhan jamur (TeBeest *et al.*, 1978; Gautam, 2014). Pada konsentrasi 1,25% ketebalan pelapis yang menutupi dinding sel tidak sampai menyebabkan suhu dan kelembapan tinggi yang merupakan lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan jamur. Hasil tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Suyanti (2011) yang menunjukkan bahwa kitosan sebagai pelapis berfungsi menutupi dinding sel. Berdasarkan hal tersebut kitosan konsentrasi 1,25% lebih efektif untuk digunakan dibandingkan dengan konsentrasi 2,50%.



Gambar 1. Pengaruh kitosan dan suhu simpan terhadap pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. secara *in-vitro*

Pada Tabel 1, perlakuan suhu dingin secara *in-vivo* berpengaruh nyata menekan tingkat keparahan penyakit hingga 50,02% lebih rendah dibandingkan pada suhu ruang (lihat juga Gambar 2). Hal tersebut didukung oleh penelitian Gautam (2014) dan Sharma (2015) bahwa perlakuan suhu dingin dapat mengendalikan penyakit pascapanen pada buah. Dalam hal ini suhu dingin mengendalikan jamur dengan menekan persentase keparahan penyakit.



Gambar 2. Pengaruh kitosan dan suhu simpan terhadap persentase keparahan penyakit antraknosa pada buah pepaya 'California' secara *in-vivo*

Secara *in-vivo*, perlakuan pelapis buah kitosan dan suhu simpan nyata berinteraksi dengan efek kombinasinya sangat ditentukan oleh efek individu perlakuan masing-masing (Tabel 1). Selain aplikasi kombinasi dengan kitosan 2.5%, aplikasi suhu dingin akan menekan tingkat keparahan penyakit baik tanpa maupun dengan kitosan 1.25%. Keberadaan kitosan 2,50% dengan efek individunya yang justru meningkatkan tingkat keparahan penyakit, sebagai konsekuensinya, mengurangi intensitas efek suhu dingin terhadap penekanan tingkat keparahan penyakit (Tabel 1 dan Gambar 2).

Di dalam penelitian ini tampak bahwa hasil yang diperoleh pada penelitian secara *in-vitro* tidak sejalan dengan hasil secara *in-vivo* (Tabel 1). Kitosan hanya mampu berfungsi sebagai biofungisida dalam mengendalikan jamur *C. gloeosporioides* pada kondisi *in-vitro*, tetapi tidak efektif pada kondisi *in-vivo*. Hal tersebut didukung oleh penelitian Jinasena *et al.* (2011) pada pisang, yang menyatakan bahwa dalam kondisi *in-vitro* hambatan total 100% terhadap pertumbuhan jamur antraknosa hanya diperoleh jika kitosan diaplikasikan pada konsentrasi lebih dari 0.75%, sedangkan dalam kondisi *in-vivo* jamur antraknosa masih dapat tumbuh, walaupun nyata lebih rendah dari kontrol. Hasil serupa ditunjukkan pula oleh Bautista-Banos *et al.* (2003) pada pepaya, yang menyatakan bahwa pada kondisi *in-vitro* setelah 7 hari, efek kitosan bergantung pada konsentrasi, pada 2.5 dan 3% kitosan mampu 100% menghambat, sedangkan pada konsentrasi 0.5 dan 1.5% penyakit tumbuh setelah 2 dan 4 hari. Hal serupa dilaporkan oleh Hamdayanty *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa perlakuan kitosan (dengan konsentrasi kitosan 0.25, 0.50, 0.70, dan 1%) mampu 100% menghambat serangan jamur dengan lama simpan 6 hari, namun 6 hari setelahnya muncul serangan jamur pada buah.

Hasil-hasil tersebut mengindikasikan bahwa kitosan hanya efektif bertindak sebagai biofungisida pada kondisi *in-vitro*, namun tidak efektif pada kondisi *in-vivo*, khususnya pada masa simpan buah yang lebih dari 6 hari. El-Ghaouth *et al.* (1991) menyatakan bahwa kitosan berpengaruh dengan menginduksi enzim kitinase yang dapat mendegradasi kitin, yang merupakan penyusun utama dinding sel jamur. Ketidak-efektifan kitosan dalam kondisi *in-vivo* diduga bahwa suhu dan kelembapan tinggi sebagai dampak respirasi pada buah, serta pH (khususnya pada kitosan 2,50%) ada pada kondisi yang optimal untuk pertumbuhan jamur antraknosa (Gautam, 2014). Pada penelitian lainnya, Widodo *et al.* (2017) melaporkan juga bahwa aplikasi *fruit coating* KD-112, yang populer di kalangan industri agribisnis, bahkan tidak bersifat biopestisida baik dalam kondisi *in-vitro* maupun *in-vivo*. Oleh karena itu, perlakuan kitosan -dan juga aplikasi *fruit coating* lainnya seperti KD-112 dan *plastic wrapping* (Widodo *et al.*, 2016)- tampaknya masih tetap memerlukan aplikasi fungisida yang bersifat ramah lingkungan dan aman bagi pangan. Pemberian fungisida saat pascapanen dimaksudkan untuk melindungi buah dari serangan patogen jamur tersebut. Di dalam industri agribisnis saat ini, pemberian fungisida Prochloraz (imidazole carboxamide) pada perlakuan buah lazim dilakukan dan dimaksudkan untuk melindungi serta menghilangkan sumber inokulum pada buah, karena sifat Prochloraz adalah non-sistemik dan kontak, serta berfungsi protektan serta eradikan (FAO, 2009; Prusky *et al.*, 1995).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) aplikasi kitosan 1.25 dan 2.50% secara *in-vitro* mampu menekan hingga 100% pertumbuhan jamur antraknosa, tetapi tidak efektif dalam kondisi *in-vivo*, (2) suhu simpan rendah 16-18 °C nyata menurunkan pertumbuhan jamur *in-vitro* sebesar 33,98% dan tingkat keparahan penyakit *in-vivo* sebesar 50,02%, dan (3) terdapat interaksi antara perlakuan kitosan dan suhu simpan dalam menekan pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides*. Selain aplikasi kombinasi dengan kitosan 2.5%, aplikasi suhu dingin menekan tingkat keparahan penyakit baik tanpa maupun dengan kitosan 1.25%. Keberadaan kitosan 2,50% dengan efek individunya, yang justru meningkatkan tingkat keparahan penyakit, mengurangi intensitas efek suhu dingin terhadap penekanan tingkat keparahan penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI yang telah mendanai sebagian dari penelitian ini melalui Program Riset Pengembangan Iptek Tahun Anggaran 2015 dan PT. Nusantara Tropical Farm, Labuhan Ratu, Lampung Timur, Indonesia, yang telah menyediakan buah pepaya 'California' sebagai bahan penelitian. Ucapan yang sama juga ditujukan kepada Laboratorium Proteksi Tanaman, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah menyediakan biakan murni jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz). Sacc., dan Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc. atas diskusi selama persiapan laporan penelitian dan manuskrip ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bautista-Banos, S., M. Hernandez-Lopez, E. Bosquez-Molina, C.L. Wilson. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection* 22:1087–1092.
- El-Ghaouth, A., J. Aul, R. Ponampalan. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56(6): 1618-1620.
- FAO. 2009. FAO specifications and evaluations for prochloraz. 21 pages. Di-download pada 5 Desember 2014. http://www.fao.org/.../prochloraz_2009.
- Gautam, A.K. 2014. *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathogenicity and management in India. *J. Plant Physiol. and Pathol.* 2(2): 1-11.
- Hamdayanty, R. Yunita, N.N. Amin, T.A. Damayanty. 2012. Pemanfaatan kitosan untuk mengendalikan antraknosa pada pepaya (*Colletotrichum gloeosporioides*) dan meningkatkan daya simpan buah. *J. Fitopatol. Indonesia* 8(4): 97-102.
- Hewajulige, I.G.N., S.W. Wijeratnam. 2010. Alternative postharvest treatments to control anthracnose disease in papaya during storage. *Fresh Produce* 4(1): 15-20.
- Jinasena, D., P. Pathirathna, S. Wickramarachchi, E. Marasinghe. 2011. Use of chitosan to control anthracnose on 'Embul' banana. *International Conference on Asia Agriculture and Animal, IPCBEE* 13: 56-60.
- Marques, K.M., V.C. Galati, J.D.R. Fernandes, J.E.R. Guimaraes, J.P. Silva, B.H. Mattiuz, C.F.M. Mattiuz. 2016. Use of chitosan for the control of postharvest anthracnose and quality in avocados. *Acta Hort.* 1120: 225-231. DOI 10.17660/ActaHortic.2016.1120.34.
- Morris, A.J., T.C. Byrne, J.F. Madden, L.B. Reller. 1996. Duration of incubation of fungal cultures. *J. Clinical Microbiol.* 34(6): 1583-1585.
- Pamekas, T. 2007. Potensi ekstrak cangkang kepiting untuk mengendalikan penyakit pascapanen antraknosa pada buah cabai merah. *J. Akta Agrosia* 10(1): 72-75.

- Prusky, D., H.D. Ohr, N. Grech, S. Campbell, I. Kobiler, G. Zauberger, Y. Fuchs. 1995. Evaluation of antioxidants butylated hydroxyanisole and fungicide prochloraz for control of post-harvest anthracnose of avocado fruit during storage. *Plant Disease* 79(8): 797-800.
- Raqeeb, A.A.E., T.M.M. Mahmud, S.R.S. Omar, A.R.M. Zaki, A.R.A. Eryani. 2009. Effects of calcium and chitosan treatments on controlling anthracnose and postharvest quality of papaya (*Carica papaya* L.). *Int. J. Agric. Res.* 4(2), 53—68.
- RUSNAS. 2002-2007. Pengembangan Buah-buahan Unggulan Indonesia Komoditas Pepaya. PKBT IPB. [Http: www.pkbt.ipb.ac.id](http://www.pkbt.ipb.ac.id).
- Sharma, V.2015. Evaluation of incidence and alternative management of post harvest fungal diseases of papaya fruits (*Carica papaya* L.) in Western U.P. *Int. J. Theoret. Appl. Sci.*7(1): 6-12.
- Singh, P., A.K. Mishra, N.N. Tripathi. 2012. Assessment of mycoflora associated with postharvest losses of papaya fruits. *J. Agric. Technol.* 8(3): 8(3): 961-968. [Http://www.ijat-aatsea.com](http://www.ijat-aatsea.com).
- Suyanti. 2011. Peranan teknologi pascapanen untuk meningkatkan mutu buah pepaya (*Carica papaya* L.). *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 7(2): 96-103.
- TeBeest, D.O., G.E. Templeton, R.J. Smith, Jr. 1978. Temperature and moisture requirements for development of anthracnose on Northern Jointvetch. *Phytopathol.* 68: 389-393.
- Trisnawati, E., D. Andesti, A. Shaleh. 2013. Pembuatan kitosan dari limbah cangkang kepiting sebagai bahan pengawet buah duku dengan variasi lama pengawetan. *J. Teknik Kimia* 2(19): 17-26.
- Widodo, S.E., Zulferiyenni, S.R Dirmawati, R.A. Wardhana, N. Octavia, L. Cahyani. 2016. Effects of sugar ester blend coating of KD-112 and plastic wrapping on fruit shelf-life and qualities of ‘California’ papaya. *IIOABJ* 7(Suppl 1): 569–572.
- Widodo, S.E., S.R. Dirmawati, Zulferiyenni, R.A. Wardhana, Y. Ariyanti. 2017. Aplikasi pelapis buah *sugar-ester blend* KD-112 dan suhu simpan untuk melindungi buah pepaya ‘California’ terhadap infeksi jamur *Colletrotichum gloeosporiodes* (Penzs.) Sacc. Seminar Nasional Perbaikan Kualitas Lahan Kering untuk Meningkatkan Produksi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh, 19-20 September 2017. 9 hlm.
- Yanti, S.D., P.T. Nugroho, R. Aprisa, E. Mulyana. 2009. The potential of chitosan as alternative biopesticide for postharvest plants. *Asian J. Food Ag-Ind., Special Issue*, S241-248.