

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 8, No.2, Agustus 2020



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. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, 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 meliputi 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 Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

## Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irlandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)  
Administrasi : Khania Tria Tifani (IPB University)

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

**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@apps.ipb.ac.id](mailto:jtep@apps.ipb.ac.id)  
Website: <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 naskah pada penerbitan Vol. 8, No. 2 Agustus 2020. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr. Leopold O. Nelwan, S.TP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Prof.Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr.Ir. Soni Solistia Wirawan, M.Eng (BPPT), Prof.Dr.Ir. Sutrisno M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Ir. Siti Mariana Widayanti, M.Si, (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University).

---



*Technical Paper*

## **Kombinasi Iradiasi dan Coating Kitosan untuk Pengendalian Cendawan *Thielaviopsis paradoxa* pada Buah Salak Selama Penyimpanan**

### *Combination of Irradiation and Chitosan Coating to Control *Thielaviopsis paradoxa* Fungus on Snake Fruit During Storage*

Sri Lestari, Program Studi Teknologi Pascapanen, IPB University. Email: [slestariapril@gmail.com](mailto:slestariapril@gmail.com)  
Usman Ahmad, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Email: [uahmad.niju@gmail.com](mailto:uahmad.niju@gmail.com)  
Evi Savitri Iriani, Balai Penelitian Tanaman Obat dan Rempah (BALLITRO), Kementerian Pertanian.  
Email: [evi.savitri1601@gmail.com](mailto:evi.savitri1601@gmail.com)  
Fajar Kurniawan, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen, Kementerian Pertanian.  
Email: [fajar.koer@gmail.com](mailto:fajar.koer@gmail.com)

#### **Abstract**

*Snake fruit is one of the highly potential export fruit but is susceptible to fungus attack. The objectives of this study were to analyze the effect of irradiation and chitosan coating on snake fruit damage which was caused by *Thielaviopsis paradoxa* and to determine the best treatment that could be used to control *T. paradoxa* fungus attack on snake fruit during storage. The experiment was conducted with 7 treatment which were three levels of irradiation (0.5 kGy; 1.0 kGy; 1.5 kGy), chitosan coating prior to three levels of the same irradiation as above, and control (no treatment). The samples were stored at 12°C (with 70-75% RH) for 30 days. The observed parameters were percentage of fruit damage, severity of disease, respiration rate, weight loss, water content of skin and flesh from the fruit, hardness, total soluble solid and vitamin C. The measurement of water vapour transmission rate of chitosan film were also carried out. The results showed that the chitosan coating followed by irradiation treatment was observed to inhibit the growth of *T. paradoxa* fungus during storage. The best treatment was the treatment with chitosan coating followed by 1.0 kGy irradiation. The fruit damage after 20 days of storage was 41.67% with the severity of the disease was 21.67% (better than control). In application, the technology most likely to have a good effect to minimize the fungus attack considering the natural fungus attack on snake fruit is far less heavy compared to that in this experiment.*

**Keywords:** *chitosan, irradiation, snake fruit, storage, *Thielaviopsis paradoxa**

#### **Abstrak**

Salak merupakan salah satu jenis buah potensial ekspor yang mudah terkena serangan cendawan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh iradiasi dan *coating* kitosan terhadap kerusakan buah salak yang disebabkan oleh *Thielaviopsis paradoxa* dan untuk menentukan perlakuan terbaik yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan cendawan *T. paradoxa* pada buah salak selama penyimpanan. Perlakuan terdiri atas 7 (tujuh) jenis yang terdiri dari perlakuan: iradiasi saja dengan 3 level dosis (0.5 kGy; 1 kGy; 1.5 kGy), *coating* yang dikombinasikan dengan 3 dosis iradiasi (0.5 kGy; 1 kGy; 1.5 kGy) dan kontrol (tanpa perlakuan). Sampel disimpan pada suhu 12°C (RH 70-75%) selama 30 hari. Parameter yang diamati meliputi kerusakan buah, keparahan penyakit, kadar air kulit dan daging buah salak, laju respirasi, susut bobot, kekerasan, total padatan terlarut dan vitamin C. Dilakukan juga analisis laju transmisi uap air dari lapisan kitosan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi dan *coating* kitosan terbukti mampu menghambat pertumbuhan cendawan *T. paradoxa* selama penyimpanan. Perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan pemberian dosis iradiasi 1 kGy yang dikombinasikan dengan *coating* kitosan. Persentase kerusakan pada penyimpanan hari ke-20 sebesar 41.67% dengan keparahan penyakit sebesar 21.67%. Teknologi ini dapat diaplikasikan mengingat serangan cendawan pada buah tidak separah seperti pada penelitian, sehingga dapat meminimalisir tingkat kerusakan.

**Kata kunci:** iradiasi, kitosan, penyimpanan, salak, *Thielaviopsis paradoxa*

Diterima: 23 Maret 2020; Disetujui: 10 Juni 2020

## Latar Belakang

Salak merupakan buah tropis asal Indonesia yang memiliki banyak penggemar baik di dalam maupun luar negeri. Salah satu jenis salak yang merupakan komoditas ekspor yaitu salak pondoh yang memiliki rasa yang manis dan renyah. Menurut Balitbu (2016), kerusakan utama pada buah salak pondoh adalah busuk buah yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Gejala kerusakan yang umum terjadi adalah adanya cendawan pada kulit buah, busuk pada pangkal buah, pangkal buah mengalami pencoklatan, aroma menyengat (bau alkohol), dan berair. Menurut Kusmiadi (2011) spesies cendawan yang dominan menyebabkan penyakit busuk pangkal buah salak pondoh adalah *Thielaviopsis paradoxa*. Jamaludin (2019) juga melaporkan bahwa cendawan *T. Paradoxa* merupakan penyebab utama dari penyakit busuk ujung lancip yang menyerang buah salak pondoh dengan temuan sebanyak 58.4% dari total isolat yang ditemukan.

Penelitian dengan perlakuan iradiasi pada buah salak pondoh belum banyak dilakukan. Iradiasi pada salak yang akan diekspor menjadi hal yang penting untuk dilakukan mengingat adanya aturan dari perkarantinaan bahwa buah salak yang akan masuk ke negara lain harus terbebas dari lalat buah serta organisme pengganggu/ penyebab penyakit lainnya. Sebanyak 38 negara telah mengizinkan iradiasi makanan sebagai salah satu cara untuk mengawetkan makanan; diantaranya Amerika Serikat, Kanada, dan Tiongkok. Iradiasi atau *ionizing radiation* menggunakan bentuk sinar gamma dari isotop. Menurut BPOM (2004), teknik iradiasi merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah kerusakan pangan. Satu wujud pengaturan tentang pengawasan iradiasi pangan adalah otorisasi pelaksanaan proses iradiasi pangan secara umum sampai dosis serap maksimum rata-rata sebesar 10 kGy. Dosis tersebut merupakan dosis serap maksimum yang disarankan oleh *Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food* dan diuraikan dalam *Codex General Standard for Irradiated Foods*. Wang dan Meng (2016) melaporkan bahwa penggunaan  $^{60}\text{Co}$  pada dosis 2.5 kGy dapat mempertahankan mutu buah blueberry selama 35 hari masa penyimpanan pada *cold storage* dengan tingkat kerusakan sebesar 3.35%.

Hasil penelitian mengenai efektivitas kitosan dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Thielaviopsis paradoxa* dilakukan oleh Fransiscus (2018). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa secara *in vitro*, larutan kitosan 1.5% dapat menghambat pertumbuhan cendawan *T. paradoxa* sebesar 100%. Hasil penelitian Rachmawati (2011) menunjukkan bahwa pelapisan salak pondoh terbaik yaitu dengan menggunakan kitosan konsentrasi 0.5% pada penyimpanan suhu 15°C. *Coating* ini

mampu menghambat kerusakan buah salak pondoh selama penyimpanan baik kerusakan kimia maupun fisik. Hasil penelitian Dewi (2012) menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi kitosan sebesar 0.5% dalam larutan asam asetat 1% merupakan perlakuan terbaik untuk mempertahankan umur simpan salak pondoh selama 22 hari dengan tingkat kerusakan kurang dari 10% pada suhu penyimpanan 16°C.

Penggunaan teknologi iradiasi berpotensi untuk diterapkan pada buah salak ekspor mengingat adanya aturan perkarantinaan yang ditetapkan oleh negara tujuan ekspor. Sampai saat ini beberapa eksportir juga telah menerapkan teknologi *coating* kitosan pada buah salak guna memperpanjang umur simpan dan mengurangi tingkat kerusakan buah salak yang disebabkan oleh serangan cendawan.

Oleh sebab itu, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penggunaan dosis iradiasi yang efektif untuk memecahkan permasalahan serangan cendawan *T. paradoxa* selama masa penyimpanan pada buah salak ekspor. Penambahan teknologi *coating* kitosan juga diharapkan mampu menghasilkan output yang lebih optimal lagi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis efektivitas iradiasi dan *coating* kitosan terhadap kerusakan buah salak yang disebabkan oleh *Thielaviopsis paradoxa* dan untuk menentukan perlakuan terbaik yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan cendawan *T. paradoxa* pada buah salak sebelum penyimpanan.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah salak pondoh yang diperoleh dari kebun salak Sleman dengan tingkat kematangan 80% (daging buah dalam keadaan belum masir), kitosan dengan derajat deasetilasi 87.5%, asam asetat, gliserol, aquadest, isolat cendawan *T. paradoxa*, *Potato Dextrose Agar (PDA)*, *chloramphenicol*, alkohol 70%, NaCl,  $\text{CaCl}_2$  serta bahan-bahan pendukung untuk analisis kimia lainnya.

Alat yang digunakan yaitu fasilitas untuk iradiasi sinar gamma, keranjang plastik (kemasan), kertas minyak, timbangan digital, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *cork borer* ukuran 4 mm, *autoclave*, oven, timbangan analitik, *sprayer*, *rheometer* CR-500 DX, *refraktometer*, lemari pendingin, *gas analyzer Shimadzu*, serta peralatan lainnya yang mendukung penelitian.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2019 di 3 (tiga) lokasi yaitu (1) Balai Besar Penelitian Pascapanen Kementerian Pertanian; (2) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) PUSPITEK, Pasar Jumat, Jakarta; (3)

Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem (TMB), Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB).

### Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor. Perlakuan terdiri atas 7 (tujuh) jenis yang terdiri dari:

1. iradiasi saja dengan dosis 0.5 kGy (R1)
2. iradiasi saja dengan dosis 1 kGy (R2)
3. iradiasi saja dengan dosis 1.5 kGy (R3)
4. *coating* kombinasi iradiasi dosis 0.5 kGy (CR1)
5. *coating* kombinasi iradiasi dosis 1 kGy (CR2)
6. *coating* kombinasi iradiasi dosis 1.5 kGy (CR3)
7. tanpa iradiasi dan *coating*/control (K).

Perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali dengan masing-masing sampel terdiri dari 8 (delapan) buah salak ( $\pm 500$  g).

Data pengamatan dianalisis menggunakan ANOVA (*analysis of variance*). Jika hasil analisis dinyatakan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5% dengan menggunakan *software SAS* (*Statistical Analysis System*).

### Prosedur Penelitian

#### Proses Inokulasi Cendawan *T. paradoxa* pada Buah Salak

Proses inokulasi dilakukan menurut metoda Kusmiadi (2011) yang dimodifikasi yaitu dengan cara menempelkan isolat cendawan pada bagian yang runcing pada buah salak (pangkal). Bagian pangkal salak ditusuk terlebih dahulu dengan menggunakan jarum yang sudah disterilisasi sebanyak 2 kali. Selanjutnya potongan isolat cendawan yang berumur 7 (tujuh) hari pada *Potato Dextrose Agar*/PDA (diameter 4 mm) ditempelkan pada bagian pangkal salak dengan posisi cendawan menempel pada permukaan salak. Dilakukan pemberian selotip agar isolat tidak terlepas dan dilanjutkan dengan proses inkubasi selama 24 jam pada suhu 28°C dan RH 60-80%.

#### Proses Coating dengan Kitosan

Larutan kitosan dibuat dengan perbandingan 0.5:100 (kitosan:larutan asam asetat 1%) (b/v) (Dewi 2012). Pengadukan dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam dengan suhu 40°C dan ditambahkan gliserol sebanyak 20% dari berat kitosan yang digunakan. Gliserol berfungsi sebagai *plasticizer* yang dapat memperbaiki elastisitas dari lapisan (*film*) yang dihasilkan (Fransiscus 2018). Teknik *coating* dilakukan dengan menggunakan *sprayer* (Dewi 2012) dan dikeringkan dengan menggunakan kipas angin (Nugraha 2019).

#### Proses Iradiasi

Buah salak dikemas dalam kemasan kardus

Tabel 1. Penentuan skoring luasan penyakit pada buah salak.

Luasan Penyakit (%)	Nilai Numerik (Skor)
0	0
$0 < x \leq 20$	1
$20 < x \leq 40$	2
$40 < x \leq 60$	3
$60 < x \leq 80$	4
$80 < x \leq 100$	5

Sumber : Gustina et al. (2016)

*double wall corrugated* yang kemudian diiradiasi menggunakan sinar gamma Cobalt-60 dengan 3 perlakuan dosis yaitu: 0.5 kGy, 1 kGy dan 1.5 kGy.

### Pengamatan dan Penyimpanan

Penyimpanan dilakukan pada suhu 12°C dengan RH 70-75%. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, 2, 5, 10, 20 dan 30. Pengamatan hari ke-0 dilakukan setelah 12-24 jam setelah waktu panen, sedangkan hari ke-2 dihitung setelah buah salak masuk ke dalam ruang penyimpanan. Dilakukan analisis laju transmisi uap air/ *Water Vapour Transmission Rate* (WVTR) dari lapisan kitosan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *coating* terhadap proses metabolisme buah salak yang berkaitan dengan proses kehilangan air pada buah. Ketika proses *coating* dilakukan dengan cara menyemprotkan larutan kitosan pada buah salak sebanyak 5 kali semprotan, pada saat yang sama dilakukan juga pembuatan lapisan (*film*) kitosan dengan cara menyemprotkan larutan kitosan ke cawan petri sebanyak 20 kali sehingga terbentuk lapisan. Lapisan tersebut dikeringanginkan selama sekitar 5-7 hari hingga mengering. Lapisan tersebut dihitung nilai WVTRnya dengan menggunakan metoda Nugraha (2019) dan rumus:

$$W_{VTR} = \frac{S}{t \times A} \quad (1)$$

Keterangan:  $W_{VTR}$  = *Water Vapour Transmission Rate*/laju transmisi uap air ( $\text{g/m}^2\text{jam}$ ); S = pertambahan berat bahan penyerap uap air (g); t = adalah periode pengukuran (jam); A = luas area *film* ( $\text{m}^2$ ).

Pengamatan meliputi kerusakan buah, keparahan penyakit, laju respirasi, susut bobot, kadar air kulit dan daging buah salak, kekerasan daging buah (tanpa kulit), total padatan terlarut dan vitamin C. Pengukuran kadar air dan vitamin C dilakukan menurut AOAC (1995). Parameter kerusakan buah meliputi adanya kebusukan pada buah, baik dengan intensitas yang kecil maupun besar. Luasan penyakit buah salak ditentukan berdasarkan skoring (Tabel 1). Keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan metode Townsend

dan Heuberger dengan menggunakan rumus (Gustina *et al.* 2016):

$$Kp = \frac{\sum nV}{zN} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:  $K_p$  = keparahan penyakit (%);  $n$  = jumlah sampel dalam setiap perlakuan (buah);  $V$  = nilai numerik dari kategori serangan;  $z$  = kategori serangan dengan nilai numerik tertinggi dan  $N$  = jumlah seluruh produk yang diamati (buah).

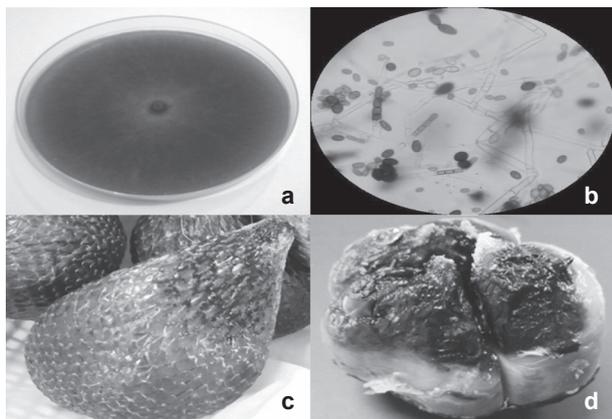
## Hasil dan Pembahasan

### Pengaruh Kombinasi Iradiasi dan Coating Kitosan terhadap Kerusakan Buah

Inokulasi buah salak oleh cendawan *Thielaviopsis paradoxa* menyebabkan buah salak pada semua perlakuan mengalami kerusakan yang mengakibatkan daging buah melunak, berair serta berwarna hitam. Gambar 1 menunjukkan koloni *T. paradoxa* dan kerusakan yang ditimbulkan pada buah salak kontrol.

Tabel 2 menunjukkan bahwa dosis iradiasi dan penggunaan *coating* kitosan berpengaruh terhadap kerusakan buah dimana kerusakan buah salak mengalami peningkatan selama masa penyimpanan.

Kerusakan tertinggi terjadi pada sampel kontrol dimana tingkat kerusakan hampir mencapai 100% pada penyimpanan hari ke-30. Sementara itu, pemberian perlakuan iradiasi saja mampu menekan tingkat kerusakan buah salak sebesar 34.78-47.82% pada penyimpanan hari ke-30. Dengan demikian terbukti bahwa perlakuan iradiasi dapat menghambat pertumbuhan cendawan *T. paradoxa* pada buah salak. Penyimpanan selama 30 hari menghasilkan persentase kerusakan yang



Gambar 1. (a) Koloni *T. paradoxa* pada PDA; (b) Mikroskopis *T. paradoxa* (perbesaran 400×); (c) Kerusakan yang ditimbulkan pada kulit buah salak kontrol disebabkan *T. paradoxa* (pengamatan hari ke-20); (d) Kerusakan yang ditimbulkan pada daging buah salak kontrol disebabkan *T. paradoxa* (pengamatan hari ke-20).

Tabel 2. Kerusakan buah salak selama masa penyimpanan pada suhu 12°C.

Perlakuan	Kerusakan Buah Salak (%)				
	Pengamatan Hari Ke-				
	2	5	10	20	30
R1	16.67 <sup>a</sup>	16.67 <sup>a</sup>	16.67 <sup>b</sup>	66.67 <sup>b</sup>	62.50 <sup>a</sup>
R2	0.00 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	41.67 <sup>ab</sup>	54.17 <sup>bc</sup>	50.00 <sup>a</sup>
R3	8.33 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	20.83 <sup>b</sup>	37.50 <sup>c</sup>	54.17 <sup>a</sup>
CR1	12.50 <sup>a</sup>	20.83 <sup>a</sup>	25.00 <sup>b</sup>	54.17 <sup>bc</sup>	62.50 <sup>a</sup>
CR2	12.50 <sup>a</sup>	20.83 <sup>a</sup>	20.83 <sup>b</sup>	41.67 <sup>c</sup>	58.33 <sup>a</sup>
CR3	8.33 <sup>a</sup>	8.33 <sup>a</sup>	34.67 <sup>ab</sup>	33.33 <sup>c</sup>	66.67 <sup>a</sup>
K	25.00 <sup>a</sup>	41.67 <sup>a</sup>	66.67 <sup>a</sup>	87.50 <sup>a</sup>	95.83 <sup>a</sup>

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada  $\alpha = 0.05$

tinggi. Buah salak termasuk ke dalam buah non klimakterik yang memiliki batas umur simpan. Menurut Nugraha (2019), buah salak kontrol tanpa perlakuan inokulasi menghasilkan nilai kerusakan 100% selama penyimpanan 12 hari (suhu ruang) dan 26 hari (suhu 10°C). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada pengamatan hari ke-2, 5 dan 30 tidak terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan. Meskipun terdapat perbedaan angka yang cukup signifikan, akan tetapi secara statistik dianggap tidak berbeda nyata ( $P > 0.05$ ).

Adanya fluktuasi hasil pengukuran disebabkan oleh metode pengukuran yang dilakukan secara destruktif. Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan sampel pada setiap waktu pengamatan. Kondisi buah yang terinfeksi cendawan memiliki nilai kerusakan yang semakin tinggi seiring lamanya waktu penyimpanan. Sampai dengan penyimpanan hari ke-20, dapat dilihat bahwa penggunaan dosis iradiasi 1.5 kGy menghasilkan nilai kerusakan terendah baik pada kelompok perlakuan *coating* maupun tanpa *coating*. Dosis iradiasi 1.5 kGy diduga mampu menghambat pertumbuhan cendawan hingga penyimpanan hari ke-20. Akan tetapi pada penyimpanan hari ke-30 kondisi buah salak pada seluruh perlakuan memiliki nilai kerusakan minimal 50%. Hal ini dikarenakan lamanya waktu penyimpanan menyebabkan buah salak menuju ke arah penuaan sehingga mengalami kerusakan jaringan. Kemudian diperparah dengan adanya infeksi cendawan pada buah salak menjadikan nilai kerusakan buah semakin tinggi pada setiap perlakuan. Gambar 2 menunjukkan kerusakan buah salak selama masa penyimpanan 20 hari.

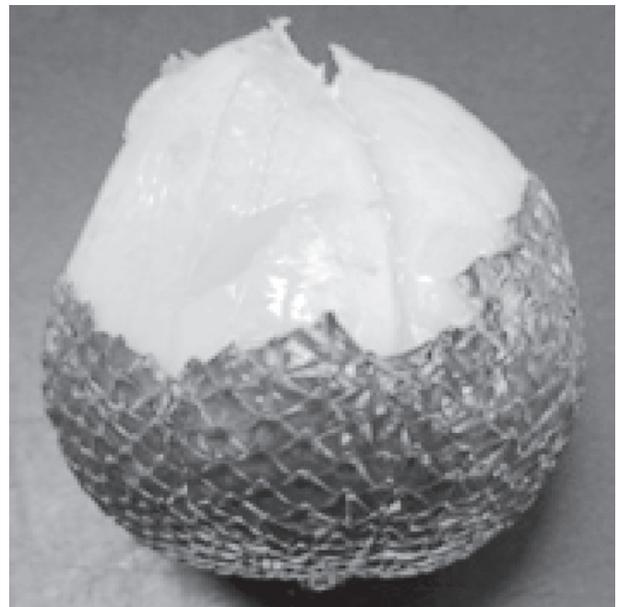
Kerusakan buah salak tetap terjadi meskipun buah diberi perlakuan iradiasi sampai dosis 1.5 kGy. Penelitian terdahulu telah dilakukan pada jenis buah dan cendawan yang berbeda. Golan *et al.* (1969) melaporkan bahwa secara *in vitro* perkembangan beberapa jenis cendawan (*Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Stemphylium botryosum*, *Alternaria*

*tenuis*) yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma pada dosis 0.5 kGy, 1 kGy, 2 kGy dan 3 kGy mengalami perkembangan yang berbeda-beda pada media PDA. Secara *in vivo*, pertumbuhan cendawan *Botrytis cinerea*, *Stemphylium botryosum* dan *Alternaria tenuis* menyebabkan buah pir yang disimpan pada suhu ruang mengalami infeksi yang semakin meningkat pada semua dosis iradiasi. Buah pir yang diinokulasi cendawan *B. cinerea* dengan perlakuan dosis iradiasi 1 kGy menghasilkan persentase buah yang terinfeksi sebesar 100% selama kurun waktu penyimpanan 11 hari pada suhu ruang serta 12 hari pada suhu 0°C. Persentase buah terinfeksi yang paling besar terjadi pada buah pir yang diinokulasi cendawan *Alternaria tenuis* dengan buah terinfeksi mencapai 100% selama kurun waktu penyimpanan 9 hari pada suhu ruang dengan dosis iradiasi sebesar 3 kGy. Golan *et al.* (1968) melaporkan bahwa buah melon yang diinokulasi oleh cendawan *Penicillium cyclospium*, *Penicillium viridicatum* dan *Alternaria tenuis* masing-masing menghasilkan kerusakan buah sebesar 100% pada hari penyimpanan ke-15, 14 dan 15 pada suhu 17 °C dengan perlakuan iradiasi sebesar 1 kGy. Menurut Markov *et al.* (2015), efek iradiasi sinar gamma terhadap fungi memang berbeda-beda di seluruh belahan dunia. Hal ini sangat dipengaruhi oleh galur/ *strain* dari cendawan itu sendiri.

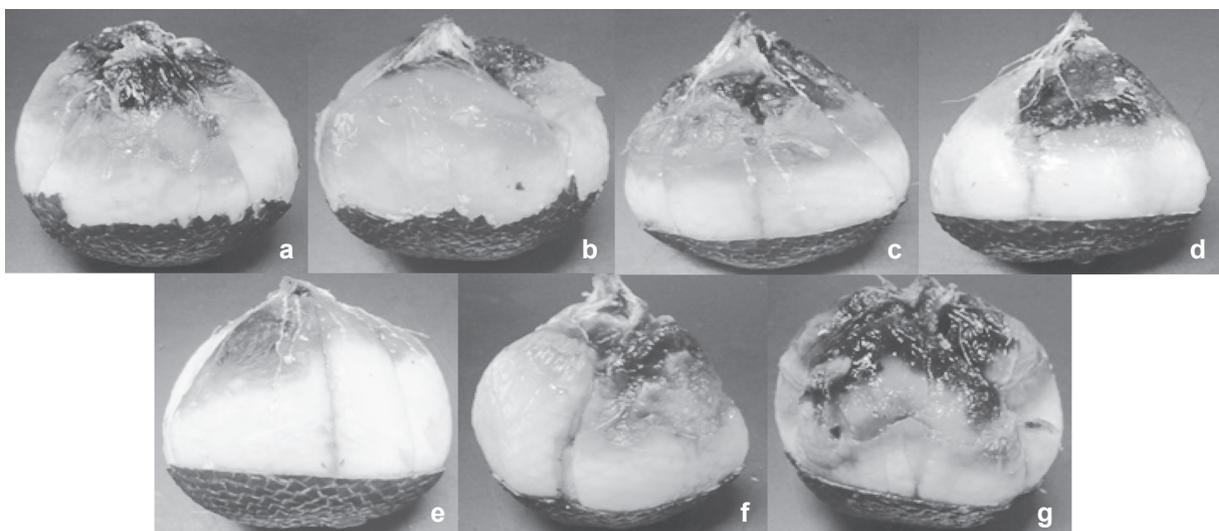
Perlakuan inokulasi berpengaruh terhadap kerusakan buah, akan tetapi infeksi cendawan di lapangan tidak separah dengan pemberian perlakuan inokulasi cendawan pada buah. Dengan adanya pelukaan pada bagian pangkal buah menyebabkan cendawan dapat dengan mudah masuk dan menginfeksi buah. Oleh sebab itu, diharapkan penggunaan dosis iradiasi di bawah 1 kGy sudah dapat menghambat pertumbuhan cendawan *T. paradoxa* yang menginfeksi buah salak secara alami. Adapun performa buah salak

sehat (tidak mengalami kerusakan) pada hari pengamatan ke-20 pada perlakuan CR2 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Penambahan *coating* kitosan juga diduga mampu menurunkan tingkat kerusakan buah. Kerusakan pada perlakuan yang diberi *coating* kitosan (CR1, CR2 dan CR3) lebih rendah bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa *coating*. Kitosan sebagai anti fungi bekerja dengan cara merusak miselia yang mengakibatkan pembentukan konidia menjadi terhambat (Dewi dan Nur 2017). Menurut Fornes *et al.* (2005), kitosan sebagai anti fungi dapat bekerja pada dosis rendah yaitu 0.0075% sampai 0.1% tergantung pada jenis cendawan yang akan dihambat pertumbuhannya. Menurut Sabarisman *et al.* (2015) lapisan *coating* pada buah dapat meresap masuk pada pori-pori kulit buah sehingga



Gambar 3. Performa buah salak sehat pada perlakuan CR2 pada pengamatan hari ke-20 (suhu 12°C).



Gambar 2. Kerusakan buah salak selama masa penyimpanan 20 hari pada suhu 12°C: (a) R1; (b) R2; (c) R3; (d) CR1; (e) CR2; (f) CR3; (g) Kontrol.

Tabel 3. Keparahan penyakit pada buah selama masa penyimpanan pada suhu 12°C (%).

Perlakuan	Kerusakan Penyakit Buah Salak (%)				
	Pengamatan Hari Ke-				
	2	5	10	20	30
R1	3.33 <sup>a</sup>	3.33 <sup>b</sup>	5.00 <sup>b</sup>	28.33 <sup>ab</sup>	31.67 <sup>a</sup>
R2	0.00 <sup>a</sup>	6.67 <sup>ab</sup>	16.67 <sup>ab</sup>	30.83 <sup>ab</sup>	34.17 <sup>a</sup>
R3	1.67 <sup>a</sup>	2.50 <sup>b</sup>	7.50 <sup>b</sup>	18.33 <sup>b</sup>	31.67 <sup>a</sup>
CR1	2.50 <sup>a</sup>	4.17 <sup>ab</sup>	10.83 <sup>b</sup>	39.17 <sup>ab</sup>	49.17 <sup>a</sup>
CR2	2.50 <sup>a</sup>	4.17 <sup>ab</sup>	7.50 <sup>b</sup>	21.67 <sup>ab</sup>	51.67 <sup>a</sup>
CR3	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>	12.50 <sup>ab</sup>	16.67 <sup>b</sup>	47.50 <sup>a</sup>
K	5.00 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	26.67 <sup>a</sup>	45.83 <sup>a</sup>	75.00 <sup>a</sup>

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada  $\alpha = 0.05$

dapat menghalangi masuknya mikroba penyebab kerusakan pada buah. Sementara itu, keefektifan dari kitosan akan berkurang seiring bertambahnya waktu penyimpanan (Vasconez et al. 2009). Hasil penelitian Jiang dan Li (2001) menunjukkan bahwa penggunaan kitosan pada buah kelengkeng dapat diaplikasikan untuk masa penyimpanan selama 3 (tiga) minggu.

#### Pengaruh Kombinasi Iradiasi dan Coating Kitosan terhadap Keparahan Penyakit

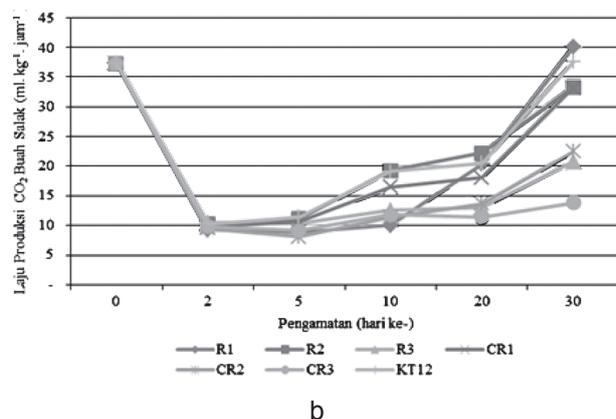
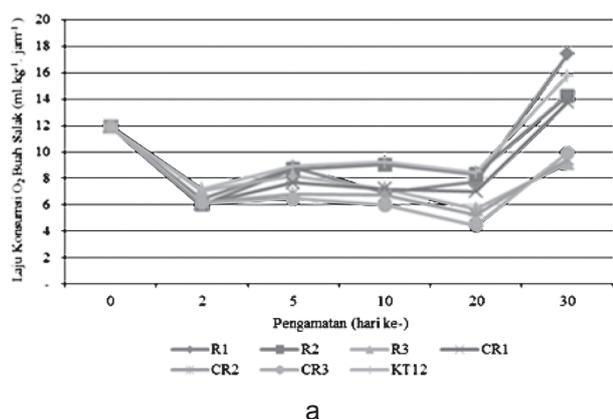
Keparahan penyakit meningkat seiring berjalannya waktu penyimpanan. Tabel 3 menunjukkan bahwa selama 30 hari penyimpanan, nilai keparahan penyakit tertinggi terjadi pada kontrol. Dengan demikian pemberian perlakuan iradiasi terbukti dapat menurunkan tingkat keparahan penyakit pada buah salak.

Tingkat keparahan penyakit terendah terjadi pada penyimpanan salak hari ke-20 dengan dosis perlakuan 1.5 KGy. Sehingga diduga bahwa pada dosis tersebut merupakan dosis iradiasi yang cukup efektif dalam mengendalikan serangan *T. paradoxa* pada buah salak.

Keparahan penyakit erat hubungannya dengan nilai laju respirasi. Gambar 4 menunjukkan bahwa laju konsumsi O<sub>2</sub> dan produksi CO<sub>2</sub> selama masa penyimpanan cenderung mengalami peningkatan. Meningkatnya laju respirasi diduga karena adanya akumulasi dari proses respirasi sampel dan cendawan. Semakin lama waktu penyimpanan, serangan cendawan semakin meningkat sehingga mengakibatkan nilai laju konsumsi O<sub>2</sub> dan produksi CO<sub>2</sub> semakin tinggi.

Laju produksi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada sampel kontrol. Semakin banyak jumlah cendawan yang tumbuh pada sampel buah salak mengakibatkan laju respirasi buah semakin meningkat. Couture et al. (1990) melaporkan buah strawberry yang diiradiasi dengan dosis 0 dan 0.3 kGy menunjukkan bahwa pada penyimpanan hari ke-2 (suhu ruang) hingga akhir pengamatan (hari ke-3) menunjukkan adanya peningkatan laju produksi CO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena tumbuhnya mikroorganisme lain pada buah strawberry.

Laju respirasi diduga dipengaruhi oleh keberadaan pelapis pada kulit buah salak. Lapisan kitosan yang terbentuk memiliki tekstur bening, tipis serta elastis. Dari hasil perhitungan, nilai laju transmisi uap air/ *Water Vapour Transmission Rate* (WVTR) dari *film* kitosan sebesar 201.72 g/m<sup>2</sup>/24 jam. Irawan (2010) melaporkan bahwa konsentrasi 3% kitosan menghasilkan *film* dengan nilai WVTR sebesar minimal 165.56 g/m<sup>2</sup>.24jam dan maksimal 358.880 g/m<sup>2</sup>.24jam. Semakin banyak konsentrasi kitosan yang digunakan maka akan menghasilkan *film* dengan WVTR yang semakin rendah. Hal ini menandakan bahwa jumlah uap air yang dapat melewati *film* akan semakin sedikit. Akan tetapi, menurut Dewi (2012) penggunaan 1.5 gram kitosan yang dilarutkan dalam 100 ml asam asetat glasial 1% menyebabkan keretakan pada kulit buah sehingga memicu kehilangan air dan mempercepat kebusukan pada buah. Pelepasan uap air terjadi karena adanya proses difusi aktif dari uap air pada buah salak yang diikuti oleh pelarutan uap air pada *film* kitosan yang akhirnya akan berdifusi melalui *film*.



Gambar 4. Laju respirasi buah salak selama masa penyimpanan pada suhu 12 °C: (a) konsumsi O<sub>2</sub>; (b) produksi CO<sub>2</sub>.

Tabel 4. Mutu buah salak pada pengamatan hari ke-20 dengan suhu 12°C.

Perlakuan	Parameter						
	Kadar Air Kulit Buah (%)	Kadar Air Daging Buah (%)	Susut Bobot (%)	Kekerasan (kgf)	Total Padatan Terlarut (°brix)	Laju Produksi CO <sub>2</sub> (ml/kg.h)	Vitamin C (mg/100g bahan)
R1	14.82 <sup>a</sup>	79.79 <sup>a</sup>	8.83 <sup>ab</sup>	2.19 <sup>a</sup>	18.15 <sup>a</sup>	20.34 <sup>a</sup>	86.90 <sup>a</sup>
R2	19.90 <sup>a</sup>	81.69 <sup>a</sup>	10.17 <sup>ab</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	17.72 <sup>a</sup>	22.23 <sup>a</sup>	50.12 <sup>b</sup>
R3	15.98 <sup>a</sup>	79.50 <sup>a</sup>	8.56 <sup>ab</sup>	1.45 <sup>ab</sup>	17.84 <sup>a</sup>	12.91 <sup>a</sup>	57.75 <sup>b</sup>
CR1	15.64 <sup>a</sup>	79.40 <sup>a</sup>	7.66 <sup>ab</sup>	1.88 <sup>a</sup>	18.42 <sup>a</sup>	18.04 <sup>a</sup>	86.23 <sup>a</sup>
CR2	15.18 <sup>a</sup>	79.85 <sup>a</sup>	6.97 <sup>ab</sup>	1.66 <sup>ab</sup>	18.12 <sup>a</sup>	13.57 <sup>a</sup>	62.35 <sup>ab</sup>
CR3	15.85 <sup>a</sup>	79.87 <sup>a</sup>	6.82 <sup>b</sup>	1.08 <sup>b</sup>	18.34 <sup>a</sup>	11.37 <sup>a</sup>	63.38 <sup>ab</sup>
K	16.95 <sup>a</sup>	79.46 <sup>a</sup>	10.91 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>	19.19 <sup>a</sup>	20.49 <sup>a</sup>	85.76 <sup>a</sup>

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada  $\alpha = 0.05$

Kitosan banyak digunakan sebagai bahan pelapis buah karena memiliki warna yang jernih sehingga tidak merubah warna buah aslinya. Menurut Winarti *et al.* (2012), kitosan bersifat hidrofobik yang berarti bahwa bahan tersebut memiliki sifat tahan terhadap air. Adanya penambahan gliserol juga diduga dapat meningkatkan kemampuan kitosan menjadi lebih hidrofobik. Pavinatto *et al.* (2019) melaporkan bahwa molekul gliserol bertindak sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan sifat resistensi kitosan terhadap air.

#### Pengaruh Kombinasi Iradiasi dan Coating Kitosan terhadap Mutu Buah Salak

Mutu buah salak menjadi hal yang penting untuk diperhatikan mengingat bahwa buah salak ekspor harus dapat diterima oleh konsumen secara organoleptik. Mutu buah salak yang terinfeksi cendawan *T. paradoxa* pada penyimpanan hari ke-20 dapat dilihat pada Tabel 4.

#### Kadar air kulit dan daging buah

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara buah salak kontrol dan buah salak yang diberi perlakuan iradiasi dan *coating* kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tidak mengubah kadar air buah salak dibandingkan kontrol.

#### Susut bobot

Serangan cendawan berpengaruh nyata terhadap susut bobot buah salak ( $P < 0.05$ ). Secara umum dapat dilihat bahwa perlakuan iradiasi yang dikombinasikan dengan *coating* kitosan menghasilkan susut bobot yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan iradiasi saja. Sampel dengan perlakuan kombinasi iradiasi 1 kGy dan *coating* kitosan memiliki nilai 6.97% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis iradiasi 1.5 kGy. Susut bobot juga sangat dipengaruhi oleh adanya respirasi dan transpirasi buah. Dalam hal

ini, semakin tinggi tingkat kerusakan buah yang disebabkan oleh cendawan menyebabkan laju respirasi yang tinggi sehingga susut bobot dari buah akan semakin cepat. Selain suhu, faktor lain yang sangat mempengaruhi susut bobot adalah *Relative Humidity* (RH) ruang penyimpanan. Menurut David dan Kilmanun (2016), RH yang baik bagi komoditas buah-buahan yang bersifat *perishable* (mudah rusak) yaitu berada pada kisaran 80 hingga 90%.

#### Kekerasan buah

Nilai kekerasan buah terendah terjadi pada dosis iradiasi 1.5 kGy yaitu 1.08 kgf dan diduga bahwa iradiasi menimbulkan efek panas sehingga menyebabkan daging buah menjadi lunak yang mengakibatkan nilai kekerasan buah menurun. Leksono (2018) melaporkan bahwa penggunaan dosis iradiasi sebesar 2.27 kGy, 4.41 kGy dan 6.18 kGy memang efektif dalam menekan pertumbuhan cendawan. Akan tetapi, hasil pengujian secara organoleptik terhadap buah salak iradiasi menunjukkan nilai yang lebih rendah daripada kontrol. Hal ini terjadi karena penggunaan dosis iradiasi yang terlalu tinggi sehingga menjadikan kulit buah salak menjadi kering serta bagian daging buah yang agak gosong. Dosis iradiasi menjadi sangat penting untuk diperhatikan mengingat secara organoleptik buah salak harus tetap dapat diterima oleh konsumen.

#### Total padatan terlarut

Total padatan terlarut menunjukkan kandungan padatan terlarut yang dalam hal ini berupa pati dan gula pada suatu bahan. Semakin tinggi kandungan total padatan terlarut dari suatu bahan, maka semakin tinggi pula kadar gulanya. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi dan *coating* tidak memberikan pengaruh yang nyata pada total padatan terlarut buah salak. Hasil penelitian Putra dan Agustina (2014) juga melaporkan bahwa buah salak yang diberi perlakuan *coating aloe vera*

menghasilkan nilai total padatan terlarut yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini diduga karena buah salak termasuk ke dalam buah non klimakterik. Pada fase ini kondisi buah salak pada semua perlakuan memiliki kandungan total padatan terlarut yang relatif konstan karena kondisi buah sudah pada tahap puncak kematangan.

### Laju produksi CO<sub>2</sub>

Laju produksi CO<sub>2</sub> terendah terjadi pada perlakuan kombinasi iradiasi dosis 1.5 kGy dan *coating* kitosan (11.37 ml/kg.h). Hal ini membuktikan bahwa dosis iradiasi 1.5 kGy dan penambahan *coating* kitosan dapat menekan laju produksi CO<sub>2</sub> pada buah salak dibandingkan dengan kontrol.

### Vitamin C

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa vitamin C buah salak pada perlakuan iradiasi dosis 1 kGy dan 1.5 kGy yang dikombinasikan dengan *coating* kitosan menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan salak kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi sampai dengan dosis 1.5 kGy yang dikombinasikan dengan *coating* kitosan tidak memiliki pengaruh yang nyata terhadap vitamin C buah salak. Akan tetapi, perlakuan iradiasi memang terbukti dapat menurunkan kandungan vitamin C. Murray (1990) di dalam Sugianti *et al.* (2012) melaporkan bahwa iradiasi dapat mengoksidasi asam askorbat (sebagai komponen penyusun Vitamin C) menjadi dehidroaskorbat. Hal ini yang menyebabkan kandungan vitamin C menurun. Akan tetapi hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan tersebut tidak berbeda nyata antara perlakuan kontrol dengan perlakuan kombinasi *coating* kitosan dengan iradiasi dosis 1 kGy dan 1.5 kGy. Sejalan dengan hal ini, Sugianti *et al.* juga melaporkan bahwa mangga gedong yang diiradiasi dengan dosis 0.75 kGy memiliki kandungan vitamin C yang hampir sama dengan mangga yang tidak diiradiasi. Akan tetapi, kandungan vitamin C pada buah mangga gedong memang mengalami penurunan selama proses penyimpanan.

## Simpulan dan Saran

### Simpulan

Kombinasi perlakuan *coating* menggunakan kitosan dan iradiasi menunjukkan daya hambat yang lebih baik bagi pertumbuhan *T. paradoxa* pada buah salak dibandingkan dengan kontrol. Semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, tingkat kerusakan dan keparahan penyakit akibat serangan *T. paradoxa* pada buah salak akan semakin rendah sampai hari pengamatan ke-20. Perlakuan terbaik yaitu kombinasi *coating* kitosan dan iradiasi dosis 1.0 kGy dengan penurunan tingkat kerusakan buah salak sebesar 52.38% setelah 20 hari penyimpanan pada suhu 12°C (RH 70-75%), lebih kecil dari kontrol

yang mengalami kerusakan hingga 87.50% dengan waktu dan kondisi penyimpanan yang sama. Perlakuan terbaik tidak mengubah sensori dari buah salak selama penyimpanan untuk parameter kadar air kulit dan daging buah, kekerasan, total padatan terlarut dan vitamin C.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan dosis iradiasi antara 0.5 kGy dan 1.0 kGy mengingat dosis 1.5 kGy menyebabkan daging buah salak menjadi lunak. Diperlukan juga penelitian lanjutan tanpa perlakuan inokulasi dengan cendawan terlebih dahulu agar buah salak dapat diuji secara organoleptik.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Kementerian Pertanian atas bantuan dana penelitian yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

## Daftar Pustaka

- [AOAC] Analysis of Association Analytical Chemistry. 1995. *Official Methods of Analysis of Association Analytical Chemistry*. Arlington (GB): AOAC Inc.
- [Balitbu]. 2016. Pelapisan kitosan pada pangkal buah salak pondoh setelah panen untuk mengurangi tingkat kerusakan. [Internet]. [diunduh 2019 Mei 16]. Tersedia pada: <https://balitbu.litbang.pertanian.go.id/index.php/hasil-penelitian-mainmenu-46/928-pelapisan-kitosan-pada-pangkal-buah-salak-pondoh-setelah-panen-untuk-mengurangi-tingkat-kerusakan46>.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2004. *Pedoman Otorisasi Iradiasi Pangan Secara Umum atau Berdasarkan Kelompok Pangan*. Jakarta (ID): Direktorat Standardisasi Produk Pangan Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya BPOM.
- Couture, R., J. Makhlof, F. Cheour, C. Willemot. 1990. Production of CO<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> after gamma irradiation of strawberry fruit. *Journal of Food Quality*. 13 (1990):385-393.
- David, J., J.C. Kilmanun. 2016. Penanganan pasca panen penyimpanan untuk komoditas hortikultura. Di dalam: Muslimin, Rohaeni ES, Noor A, Suryana, Galib R, Amali N, Gazali A, Susanti H, Hasanah LN, editor. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi "Inovasi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Kedaulatan Pangan Berkelanjutan"*; 2016 Jul 20; Banjarbaru, Indonesia. Banjarbaru (ID): BPTP Kalimantan Selatan. hlm 1015-1026.

- Dewi, L.M. 2012. Aplikasi coating kitosan untuk memperpanjang umur simpan buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dewi, R., R.M. Nur. 2017. Antifungal activity of chitosan on *Aspergillus* spp. *International Journal of Bioengineering & Biotechnology*. 2(4):24-30.
- Fornes, F., V. Almela, M. Abad and M. Agust. 2005. Low concentrations of chitosan coating reduce water spot incidence and delay peel pigmentation of Clementine mandarin fruit. *J Sci Food Agric*. 2005(85):1105–1112. doi: 10.1002/jsfa.2071.
- Fransiscus, J. 2018. Efektivitas kalsium klorida dan kitosan untuk pengendalian cendawan *Thielaviopsis paradoxa* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Golan, R.B., R.B. Arie, S.G.R. Reich, R.S. Kahan. 1969. Sensitivity to gamma irradiation of fungi pathogenic to pears. *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*. 20: 577-585.
- Golan, R.B., R.S. Kahan, N.T. Gorodeiski. 1968. Sensitivity of stored melon fruit fungi to gamma irradiation. *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*. 1968(19):579-583.
- Gustina M, Ratih S, Nurdin M, Suharjo R. 2016. Inventarisasi patogen di pertanaman nanas (*Ananas comosus* L.) varietas Queen di desa Astomulyo, kecamatan Punggur kabupaten Lampung Tengah. *J. Agrotek Tropika*. 4(3):205-210.
- Irawan, S. 2010. Pengaruh gliserol terhadap sifat fisik/ mekanik dan barrier edible film dari kitosan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 32(1):6-12.
- Jamaludin. 2019. Investigasi serangan penyakit busuk ujung lancip buah salak pondoh pada rantai pasok (studi kasus di Kabupaten Sleman) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Jiang, Y., Y. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*. 73(2001): 139-143.
- Kusmiadi, R. 2011. Kajian efikasi ekstrak rimpang jahe dan kunyit sebagai upaya untuk memperpanjang umur simpan buah salak pondoh akibat serangan cendawan [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Leksono, A.R. 2018. Penerapan iradiasi gamma untuk mempertahankan mutu buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Markov, K., B. Mihaljević, A.M. Domijan, J. Pleadin, F. Delaš, J. Frece. 2015. Inactivation of aflatoxigenic fungi and the reduction of aflatoxin B1 in vitro and in situ using gamma irradiation. *Food Control*. 2015:1-25. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.01.036.
- Nugraha, E.B. 2019. Formulasi dan karakterisasi pelapis lilin lebah dan asap cair untuk mencegah serangan cendawan pada buah salak pondoh [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pavinatto, A., A.V.A. Mattos, A.C.G. Malpass, M.H. Okura, D.T. Balogh, R.C. Sanfelice. 2019. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019:1-25. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.076>.
- Putra, B.S., R. Agustina. 2014. Sistem penyimpanan salak Sabang (*Salacca edulis* sp) dalam rangka peningkatan potensi komoditi daerah Sabang (Aceh). *Rona Teknik Pertanian*. 7(2):150-160.
- Rachmawati, M. 2011. Pelapisan chitosan pada buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) sebagai upaya memperpanjang umur simpan dan kajian sifat fisiknya selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 6(2):45-49.
- Sabarisman, I., N.E. Suyatma, U. Ahmad, F.M. Taqi. 2015. Aplikasi nanocoating berbasis pektin dan nanopartikel ZnO untuk mempertahankan kesegaran salak pondoh. *Jurnal Mutu Pangan*. 2(1):50-56.
- Sugianti, C., R. Hasbullah, Y. Purwanto, D.A. Setyabudi. 2012. Kajian Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Mortalitas Lalat Buah dan Mutu Buah Mangga Gedong (*Mangifera indica* L) Selama Penyimpanan. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 26(1): 69-78.
- Vasconez, M.B., S.K. Flores, C.A. Campos, J. Alvarado, L.N. Gerschenson. 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible film and coating. *Food Research International*. 42(7):762-769. doi:10.1016/j.foodres.2009.02.026.
- Wang, C., X. Meng. 2016. Effect of <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -irradiation on storage quality and cell wall ultra-structure of blueberry fruit during cold storage. *ELSEVIER Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 38(2016):91–97.
- Winarti, C., Miskiyah, Widaningrum. 2012. Teknologi produksi dan aplikasi pengemas edible antimikroba berbasis pati. *J. Litbang Pert*. 31( 3):85-93.

Halaman ini sengaja dikosongkan