

Perlakuan Air Panas untuk Pengendalian Penyakit Busuk Buah Salak selama Penyimpanan

Hot Water Treatment for Controlling Salak Fruit Rot Disease during Storage

Anis Mutirani^{1,2}, Giyanto², Efi Toding Tondok²

¹Balai Karantina Pertanian Kelas II, Jalan Transit Cikuasa, Pantai, Gerem, Cilegon, Kota Cilegon, Banten 42438, Indonesia

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Kampus IPB Darmaga Wing 7 Level 5, Jl. Kamper, Babakan, Kec. Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

*Email korespondensi: aniesmutirani@apps.ipb.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 29 Mei 2023
Diterima: 13 Agustus 2023

Keyword:

Alternative; postharvest; soaking; storage; temperature

Kata Kunci:

Alternatif; pascapanen; penyimpanan; perendaman; suhu

Abstract

*This study aims to obtain a combination of immersion time and temperature that can control fruit rot disease of Salak Pondoh (*Salacca edulis*). The treatment consisted of 45, 50 and 55°C for 5 and 10 minutes and control. The experimental design used was a completely randomized design with factorials for observing the incidence of the disease using 5 replications with 5 pieces per replication. Observational responses to fruit testing were destructive using 25 fruits for each treatment. The results showed that hot water treatment had a significant effect on reduce the pathogen in *Salacca edulis*. Temperature of 50°C for 5 minutes is more effective in preventing the appearance of disease symptoms up to 10th days of storage, compared to controls which started to show symptoms on the 2nd day. Isolation of fungal pathogen from diseased control were found 4 fungi, i.e *Thielaviopsis paradoxa*, *Aspegillus flavus*, *Fusarium* sp. and *Penicillium* sp., while *T. paradoxa* and *A. flavus* are still found on treated diseased samples with hot water treatment. Hot water treatment did not affect the water content and total fruit acid but impacted to the weight loss and was able to maintain the hardness value and the panelist's preference level based on organoleptic tests.*

Abstrak

*Penelitian ini bertujuan mendapatkan kombinasi suhu perendaman dan lama perendaman air panas yang dapat mengendalikan penyakit busuk buah salak pondoh. Perlakuan terdiri atas suhu 45, 50, dan 55°C selama 5 dan 10 menit serta kontrol. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan faktorial untuk pengamatan insidensi penyakit menggunakan 5 ulangan dengan 5 buah per ulangan. Respon pengamatan untuk pengujian buah bersifat destruktif menggunakan 25 buah untuk tiap perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan air panas berpengaruh nyata terhadap buah salak. Suhu 50°C selama 5 menit lebih efektif dalam mencegah munculnya gejala penyakit hingga 10 hari penyimpanan, dibandingkan dengan kontrol yang mulai bergejala pada hari ke-2. Hasil isolasi dan identifikasi penyebab busuk buah pada kontrol ditemukan 4 cendawan yaitu *Thielaviopsis paradoxa*, *Aspegillus flavus*, *Fusarium* sp. dan *Penicillium* sp., sedangkan cendawan tersisa yang masih tumbuh setelah 11 hari perlakuan yaitu *T. paradoxa* dan *A. flavus*. Perlakuan air panas tidak mempengaruhi kadar air dan total asam buah tetapi mempengaruhi susut bobot serta dapat mempertahankan nilai kekerasan dan tingkat kesukaan panelis berdasarkan uji organoleptik.*

Doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.011.2.205-221>

1. Pendahuluan

Salak merupakan buah asli Indonesia yang telah diprioritaskan sebagai komoditi ekspor dan konsumsi dalam negeri yang cukup tinggi. Permintaan luar negeri buah salak tergolong cukup tinggi dimana permintaan berasal dari negara-negara Asia, Eropa, dan Australia. Setiap tahunnya buah salak diekspor dan cenderung mengalami peningkatan dari tahun 2015 hingga 2022 (BPS, 2023). Salah satu varietas salak yang menjadi unggulan ekspor yaitu salak pondoh. Salak pondoh diminati karena rasa buahnya manis meskipun belum matang, memiliki kandungan air yang cukup, berbuah sepanjang tahun, memiliki komponen bioaktif dan aktivitas antioksidan yang baik bagi tubuh (Ariviani & Parnanto, 2013). Akan tetapi, sifat mudah rusak dan pendeknya umur simpan buah salak merupakan faktor penyebab kerusakan buah yang dapat menurunkan kualitas buah.

Kerusakan buah salak pondoh yang umum terjadi yaitu busuk pada ujung/sisi lancip buah yang disebabkan oleh mikroorganisme, ditandai dengan gejala cendawan putih pada permukaan salak. Busuk lancip buah salak pondoh menyebabkan perubahan aroma, rasa dan tekstur buah. Penyakit yang biasa ditemukan pada buah salak antara lain penyakit cendawan putih pada kulit buah (*Chalaropsis* sp.) (Pratomo *et al.*, 2009), busuk berair pada buah (*Corticium salmonicolor*) (Adiartayasa *et al.*, 2018), dan penyakit busuk ujung buah yang disebabkan oleh *Thielaviopsis paradoxa*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizopus stolonifer*, *Mucor* sp., dan *Mycelia sterilia* (Jamaludin *et al.*, 2018).

Penelitian dengan tujuan mengendalikan aktivitas mikroorganisme dan menjaga kualitas buah telah banyak dilakukan antara lain perlakuan fisik dengan air panas (Ilic & Fallik, 2017), sinar ultraviolet (Nigro *et al.*, 2000), pelapisan buah dengan bahan yang tidak berbahaya (Rachmawati, 2010) dan pengendalian hayati dengan memanfaatkan peran mikroorganisme (Janisiewicz & Korsten, 2002). Perlakuan dengan air panas merupakan salah satu perlakuan fisik yang sederhana, mudah diterapkan, aman dan ramah lingkungan, karena tidak melibatkan residu kimia atau efek berbahaya bagi kesehatan manusia. Metode ini terbukti efektif digunakan untuk pencegahan penyakit pascapanen pada berbagai jenis buah seperti melon (Abubakar *et al.*, 2020), belimbing (Mukhtarom *et al.*, 2017), mangga (Hidayati, 2012), pisang (Mirshekari *et al.*, 2012) dan jeruk Valencia (Erkan *et al.*, 2005). Aplikasi dengan air panas juga terbukti efektif digunakan untuk menekan pertumbuhan busuk putih pada buah salak dan tetap menjaga kualitas buahnya (Sugianti *et al.*, 2018). Sampai saat ini belum ada penelitian mengenai pengendalian patogen penyebab busuk buah salak dengan perlakuan air panas, untuk itu dalam upaya memperpanjang umur simpan buah salak maka penelitian ini bertujuan untuk menguji suhu dan lama waktu perlakuan air panas dalam mengendalikan penyakit busuk buah dan mempertahankan mutu buah salak pondoh.

2. Metode Penelitian

Buah salak pondoh yang digunakan berasal dari Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel menggunakan metode acak dengan tingkat kematangan $\pm 80\%$ (5-6 bulan setelah bunga mekar). Buah salak pondoh yang telah dipanen dibersihkan dari duri dan kotoran yang menempel dengan menggunakan sikat pembersih, selanjutnya dikeringanginkan di atas papan kayu. Buah disortasi berdasarkan pada keseragaman bentuk, tingkat kematangan, dan ukuran dengan rata-rata diameter buah 3-4 cm. Buah salak selanjutnya ditempatkan di dalam keranjang plastik, selanjutnya dikirim ke laboratorium dengan lama perjalanan ± 16 jam. Buah salak dengan bobot ± 75 g/butir digunakan dalam penelitian. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikologi Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian, Badan Karantina Pertanian.

2.1 Perlakuan air panas

Perlakuan air panas dilakukan dengan merendam buah salak ke dalam *waterbath* yang memiliki sistem pengendali suhu air pada suhu 45, 50 dan 55 °C selama 5 dan 10 menit. Kemudian buah salak ditiriskan dan dikeringanginkan dengan posisi dibalik (ujung lancip buah mengarah ke bawah). Buah tanpa perlakuan (kontrol) dan buah perlakuan selanjutnya ditempatkan di dalam setiap wadah dan disimpan dalam suhu ruang. Suhu dan kelembapan relatif di dalam keranjang plastik masing-masing ialah ± 27 - 29 °C dan 65%–70%. Pada pengujian terdapat uji yang bersifat destruktif dan non destruktif. Pengujian yang bersifat destruktif (kadar air, kadar asam, kekerasan dan organoleptik) menggunakan 25 buah pada masing-masing perlakuan dan dilakukan setiap 2 hari pengamatan. Uji non destruktif buah dilakukan untuk pengamatan kejadian penyakit dan dilakukan setiap hari penyimpanan. Buah salak yang menunjukkan gejala sakit, dipisahkan, dan patogennya diisolasi. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, faktor pertama yaitu suhu air dan faktor kedua yaitu lama perendaman, digunakan sebanyak 5 ulangan dengan 5 buah per ulangan.

2.2 Persentase Kerusakan Buah Salak

Kerusakan buah salak ditentukan dengan cara mengamati kriteria kerusakan buah secara fisik dan visual, yaitu keberadaan miselium pada kulit buah serta bagian lunak pada pangkal buah sejak awal sampai dengan akhir penyimpanan. Persentase kerusakan buah salak ditentukan menggunakan rumus:

$$(\text{Kerusakan}) = \frac{\text{Jumlah buah terserang penyakit}}{\text{Jumlah buah yang diamati}} \times 100\%$$

2.3 Isolasi dan Identifikasi Patogen

Isolasi patogen dilakukan terhadap sampel buah salak yang telah menunjukkan gejala busuk pada salak yang telah diberi perlakuan air panas dan kontrol. Metode yang digunakan dalam isolasi

patogen yaitu metode penanaman jaringan langsung dengan meletakkan 3 potongan permukaan buah bergejala pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dalam cawan petri. Setiap potongan berukuran 5 x 5 mm. Cawan petri yang telah berisi sampel sakit diinkubasi pada suhu ± 28 °C selama 7 hari. Setelah didapatkan koloni cendawan dilakukan pemurnian hingga mendapat biakan murni. Biakan kemudian disimpan pada media PDA untuk digunakan pada proses selanjutnya.

Identifikasi isolat cendawan dilakukan secara makroskopik dan mikroskopik. Pengamatan makroskopik dilakukan secara visual terhadap koloni yang tumbuh pada media PDA meliputi warna koloni, bentuk koloni, cara pertumbuhan hifa, tepi koloni dan kecepatan tumbuh. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan melihat karakteristik cendawan di bawah mikroskop berupa bentuk konidia, ukuran hifa, dan ada atau tidak sekat pada hifa. Identifikasi mengikuti deskripsi menurut Samson (2016), Watanabe (2002), dan Ellis (1976).

2.4 Pengaruh Perlakuan Air Panas terhadap Mutu Buah

2.4.1 Persentase Kadar Air Buah Salak

Pengukuran kadar air dilakukan dengan menimbang daging buah salak sebanyak 2-5 g kemudian dimasukkan ke dalam cawan dan dikeringkan dengan oven pada suhu 90 °C selama 2 jam hingga berat konstan. Kadar air dihitung dengan cara membandingkan jumlah air yang menguap dengan berat buah salak awal (kadar air basis basah). Kadar air ditentukan dengan rumus berikut (AOAC, 1999):

$$\text{Kadar air} = \frac{(ms1 - ms) - (ms2 - ms)}{ms1 - ms} \times 100\%$$

Keterangan: ms = berat cawan; $ms1$ = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan; dan $ms2$ = berat cawan + sampel sesudah dikeringkan.

2.4.2 Presentase Susut Bobot Buah Salak

Susut bobot buah salak ditentukan berdasarkan pada metode gravimetrik (AOAC, 2005) menggunakan neraca analitik *balance Kern* ABJ 220-4NM. Pengukuran susut bobot dilakukan dengan menggunakan timbangan digital yang diukur berdasarkan persentase penurunan bobot selama penyimpanan. Rumus yang digunakan untuk mengukur susut bobot adalah sebagai berikut:

$$\text{Susut bobot} = \frac{bo - bi}{bo} \times 100\%$$

Keterangan: bo = bobot awal penyimpanan (gram); dan bi = bobot bahan pada penyimpanan hari ke- i (gram).

2.4.3 Presentase Total Asam Buah Salak

Penentuan total asam menggunakan metode titrasi dengan larutan fenoftalein. Pengukuran faktor mutu total asam ditentukan menggunakan titrasi asam basa (AOAC, 2005). Penyiapan sampel buah untuk pengukuran total asam dengan menghancurkan 10 g buah salak dengan 10 ml akuadest hingga menjadi bubur buah. Kemudian campuran bubur disaring dan diambil cairannya sebanyak 10 ml untuk kemudian ditetesi 2-3 tetes cairan indikator PP. setelah itu, campuran tersebut ditetesi dengan NaOH hingga warna campuran yang awalnya kuning cerah berubah menjadi kemerahan stabil. Total asam ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Total\ asam = \frac{(ml\ NaOH \times N \times fp \times Mr\ NaOH)}{(mg\ Contoh)} \times 100\%$$

Keterangan: *ml NaOH*= volume NaOH yang terpakai pada titrasi; *N*=normalitas NaOH (0.1 N); *fp*= faktor pengenceran; *Mr NaOH* = massa molekul relative NaOH (40 gram/mol); dan *mg contoh*= 10.000 mg.

2.4.4 Kekerasan Buah Salak

Uji kekerasan diukur berdasarkan tingkat ketahanan buah terhadap penusukan. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan *Fruit Hardness Tester* tipe GY-2 dengan kedalaman penekanan 10 mm dan diameter probe 3.5 mm. Pengujian dilakukan pada tiga titik bagian pangkal buah. Nilai hasil pengukuran diperoleh dalam satuan kilogram/cm².

2.4.5 Uji Organoleptik (Warna, Aroma, Rasa) Buah Salak

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap perubahan mutu buah salak. Parameter warna, aroma dan rasa secara subjektif dianalisis menggunakan 10 orang panelis. Setiap panelis menilai buah untuk setiap perlakuan dan kontrol selama penyimpanan dan menilai dengan skor 1-5: 1 (tidak suka), 2 (agak tidak suka), 3 (netral), 4 (agak suka) dan 5 (suka).

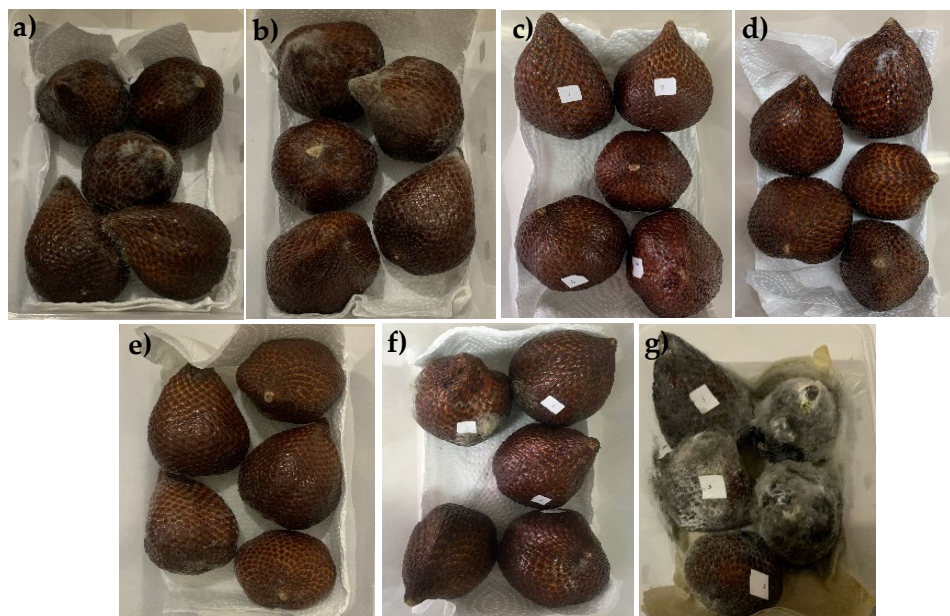
2.4.6 Analisis Data

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan suhu perendaman (3 level) sebagai faktor I dan waktu perendaman (2 level) sebagai faktor II. Analisis sidik ragam (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu perendaman terhadap insidensi penyakit. Apabila hasil ANOVA menunjukkan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Tukey menggunakan *software* SPSS 26.0.

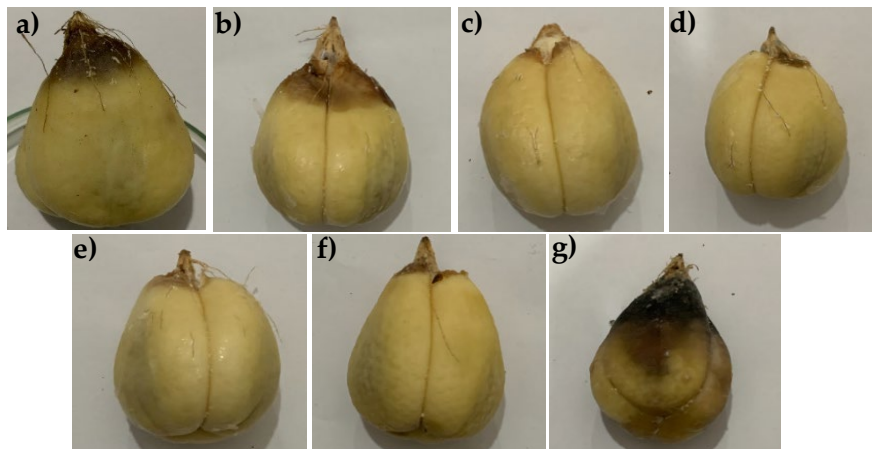
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Presentase Kerusakan Buah Salak

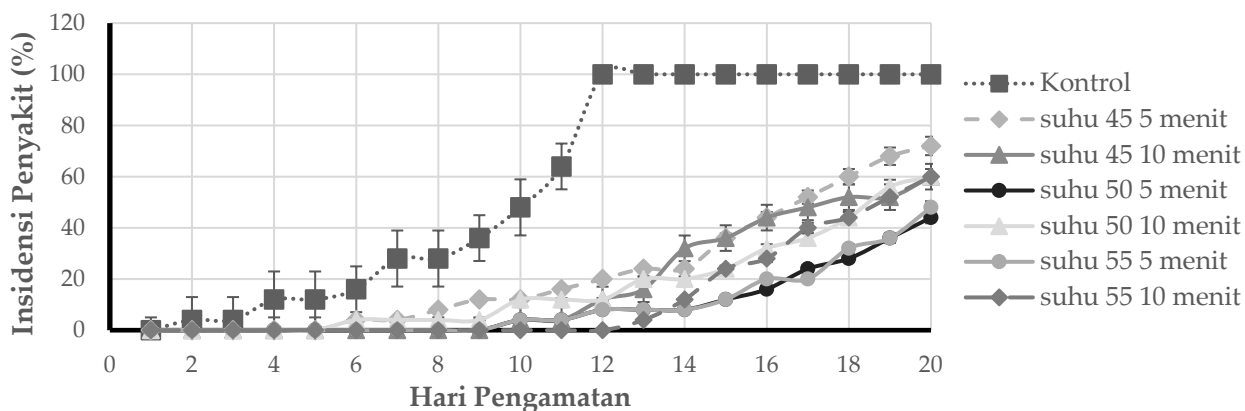
Kerusakan buah salak meliputi kulit mengering dan tipis, pada ujung lancip buah terlihat miselium berwarna putih (Gambar 1). Daging buah mengalami kerusakan berupa perubahan warna menjadi kecoklatan kemudian menghitam, tekstur menjadi lunak dan aroma yang kurang sedap (Gambar 2). Kerusakan buah salak setelah diberi perlakuan air panas mulai terlihat pada hari ke-6 sampai dengan 10 hari pengamatan, sedangkan buah salak kontrol menunjukkan gejala mulai hari ke-2 pengamatan (Gambar 3). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman berpengaruh signifikan terhadap penurunan kerusakan buah, namun lama waktu perendaman dan interaksi antara suhu dan lama perendaman tidak mempengaruhi penurunan kerusakan buah. Perlakuan air panas pada suhu 45 °C selama 5 dan 10 menit, 50 °C selama 5 dan 10 menit, serta 55°C selama 5 dan 10 menit berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan kerusakan buah salak dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji Tukey. Suhu 50 °C selama 5 menit merupakan perlakuan yang paling baik dan berpengaruh nyata terhadap penurunan kerusakan buah.



Gambar 1. Gejala kerusakan kulit buah salak pada penyimpanan hari ke-12 dengan perlakuan air panas: a) Suhu 45 °C 5 menit, b) Suhu 45 °C 10 menit, c) Suhu 50 °C 5 menit, d) Suhu 50 °C 10 menit, e) Suhu 55 °C 5 menit, f) Suhu 55 °C 10 menit dan dibandingkan dengan g) Kontrol.



Gambar 2. Kerusakan daging buah salak selama penyimpanan hari ke 12 dengan perlakuan air panas: a) Suhu 45 °C 5 menit, b) Suhu 45 °C 10 menit, c) Suhu 50 °C 5 menit, d) Suhu 50 °C 10 menit, e) Suhu 55 °C 5 menit, f) Suhu 55 °C 10 menit dan dibandingkan dengan g) Kontrol.



Gambar 3. Insidensi penyakit busuk buah salak dengan perlakuan air panas pada suhu berbeda.

Buah salak termasuk ke dalam buah non klimakterik yang memiliki batas umur simpan. Umumnya petani salak menyimpan buah dalam suhu ruang, sedangkan ekportir saat melakukan pengiriman menyimpan buah pada suhu yang lebih rendah. Umur simpan buah salak berkisar 6-7 hari penyimpanan dengan suhu 29 °C (Adiartayasa *et al.*, 2018 dan Santosa, 2011). Nugraha (2019) menyebutkan umur simpan buah salak pondoh mencapai 26 hari pada suhu 10°C. Umur simpan buah salak akibat perubahan fisik dan kimiawi buah berkisar 6-8 hari pada suhu ruang dan mencapai 20 hari pada suhu 10 °C (Adirahmanto *et al.*, 2013). Kondisi buah yang terinfeksi busuk buah memiliki nilai kerusakan yang semakin tinggi seiring lamanya waktu penyimpanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan air panas suhu 50 °C selama 5 menit signifikan lebih baik

dibandingkan kontrol. Pada perlakuan tersebut gejala mulai muncul pada hari ke-10 penyimpanan. Oleh karena itu, perlakuan 50 °C 5 menit dapat memperpanjang umur simpan buah hingga 8 hari penyimpanan bila dibandingkan dengan kontrol.

Penampilan buah merupakan aspek penting dalam pemasaran buah, dan terbukti bahwa perlakuan air panas secara signifikan mengurangi kerusakan pada banyak buah segar pascapanen (Fallik *et al.*, 2000, dan Porat *et al.*, 2000). Pengurangan pembusukan yang signifikan pada buah melon pascapanen yang diberi perlakuan air panas pada suhu yang optimum disebabkan terutama oleh pengurangan propagul mikroorganisme terbawa produk. Fallik *et al.* (2000) menyebutkan bahwa perendaman air panas dapat membunuh atau menghambat secara langsung spora cendawan atau patogen pada bagian permukaan buah serta dapat membatasi tempat penetrasi cendawan ke dalam buah. Perendaman air panas pada suhu 50-55 °C selama 2-3 menit mengurangi busuk buah karena hal ini dapat menginduksi sistem pertahanan pada jaringan kulit buah, diantaranya dengan meningkatnya beberapa aktivitas protein kitinase yang dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen (Inkha & Boonyakiat 2010, dan Porat *et al.*, 2000).

Waktu perendaman juga memiliki pengaruh terhadap kerusakan buah salak, dimana buah tersebut lebih efektif direndam selama 5 menit. Peningkatan waktu perendaman air panas dapat menyebabkan kerusakan sel pada kulit dan daging buah sehingga memudahkan patogen untuk menginfeksi. Pada penyimpanan hari ke-20 kerusakan buah perlakuan mencapai 50%. Hal ini bisa disebabkan lamanya waktu penyimpanan menyebabkan buah salak mudah terinfeksi dari patogen yang menjadikan nilai kerusakan buah semakin tinggi pada setiap perlakuan (Gumaran *et al.*, 2020).

3.2 Jenis Patogen Penyakit Busuk Buah Salak

Kerusakan selama penyimpanan disebabkan paling utama oleh cendawan yang ditandai dengan adanya perubahan buah secara fisik seperti warna buah menjadi kecoklatan, lunak dan sedikit berair. Gejala serangan cendawan ditandai dengan adanya cendawan putih di bagian ujung lancip buah. Ketika kulit buah dikupas buah terlihat busuk, berwarna coklat hitam dan berair. Sampel busuk buah diambil dari buah yang menunjukkan gejala pada buah salak yang diberi perlakuan dan kontrol. Hasil isolasi cendawan dari kontrol diperoleh 4 isolat cendawan yaitu *Thielaviopsis paradoxa*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp. dan *Fusarium* sp. berdasarkan identifikasi mengacu pada Samson (2016), Watanabe (2002), dan Ellis (1976). Hasil isolasi dari sampel buah tiap perlakuan pada hari ke-11 dapat menghilangkan cendawan *Penicillium* sp. dan *Fusarium* sp. Hasil isolasi pada perlakuan suhu 45 °C selama 5 dan 10 menit ditemukan 2 isolat, yaitu *T. paradoxa* dan *A. flavus*. *A. flavus* tidak ditemukan lagi pada perlakuan suhu 50 dan 55 °C selama 5 dan 10 menit, tetapi *T. paradoxa* masih ada (Tabel 1).

Tabel 1. Presentase munculnya patogen penyebab busuk buah salak pada hari ke-11 setelah perlakuan air panas

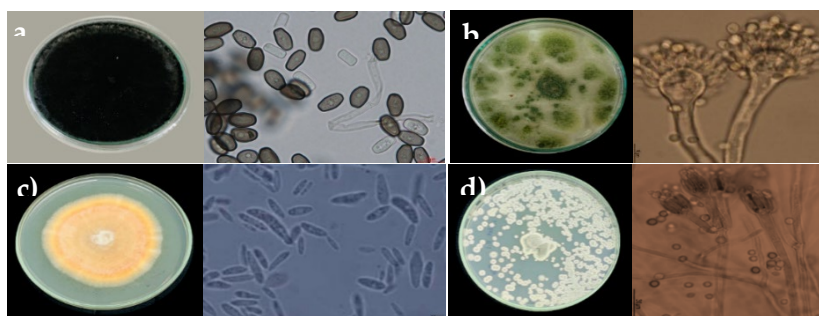
Isolasi dan identifikasi	Kontrol	Perlakuan					
		45 °C	45 °C	50 °C	5 °C	55 °C	55 °C
		5 menit	10 menit	5 menit	10 menit	5 menit	10 menit
<i>T. paradoxa</i>	68	20	12	8	12	8	8
<i>A. flavus</i>	8	4	8	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	8	-	-	-	-	-	-
<i>Fusarium</i> sp.	4	-	-	-	-	-	-

Ciri makroskopik *T. paradoxa* yaitu koloni mula-mula berwarna putih, setelah tiga hari inkubasi warna berubah menjadi keabuan dan menghitam, tekstur hifa padat, pertumbuhan cepat (Gambar 4a). Ciri mikroskopik diamati dengan menggunakan mikroskop, selain dilakukan pengamatan bentuk dan warna, juga dilakukan pengukuran konidium. Dari hasil pengamatan terdapat dua jenis spora aseksual yaitu konidium dan klamidiospora. Konidium berbentuk tabung agak oval, berwarna hialin, berukuran 10,96-14,16 (12,06) × 4,12-6,13 (5,06) µm. Klamidiospora berbentuk oval, membentuk rantai, berdinding tebal, berwarna cokelat, dan berukuran 10,49-12,73 (11,48) × 5,16-7,62 (6,33) µm. Cendawan *A. flavus* memiliki ciri makroskopis berwarna kuning sampai kehijauan dan bertekstur beludru dengan konsistensi koloni kering. Koloni yang masih muda berwarna putih dan berubah menjadi hijau kekuningan setelah membentuk konidia (Gambar 4b). Ciri mikroskopik memiliki strukur konidia berbentuk bulat, oval atau semi bulat, berdiameter 3-5,6 µm, hifa berseptum dan miselium bercabang, koloni kompak, vesikelnnya berbentuk bulat hingga lonjong dengan diameter 25-45 µm, konidiofor relatif panjang dan berbentuk silinder.

Cendawan *Fusarium* sp. ditandai dengan koloni seperti kapas dan tipis, Leslie & Summerell (2008) menyatakan bahwa koloninya berwarna putih kemudian pada usia >7 hari berubah menjadi putih orange dan orange pada bagian pusat koloninya (Gambar 4c). Ciri mikrokonidia yaitu berbentuk lonjong membulat sampai oval memiliki 0-1 septa dengan ujung membulat. *Penicillium* sp. berwarna hijau keabu-abuan, tekstur koloni beludru dengan konsistensi kering (Gambar 4d). Konidia *Penicillium* sp. berwarna hijau keabuan, berbentuk bulat berdinding halus, konidiofor bercabang, serta memiliki metulae untuk membentuk fialid, vesikel berbentuk bulat dengan memiliki hifa berseptum dan hialin.

Hasil isolasi menunjukkan bahwa cendawan *T. paradoxa* dominan muncul pada buah salak baik dengan perlakuan maupun kontrol dan menjadi penyebab utama penyakit busuk ujung lancip buah salak. Sedangkan isolat lainnya merupakan patogen sekunder yang dapat muncul akibat kontaminasi yang berasal dari lapangan atau saat penanganan setelah panen. Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian Ahmad *et al.*, (2018) dan Jamaludin *et al.*, (2019) yang menyebutkan bahwa *T. paradoxa*

merupakan agen utama penyebab busuk buah salak. Wulandari & Ahmad (2018) menyatakan bahwa cendawan *Thielaviopsis* sp. (*T. ethacetica* dan *T. paradoxa*) merupakan penyebab penyakit busuk buah pada salak. Patogen lainnya seperti *A. flavus*, *Fusarium* sp. dan *Penicillium* sp. dikenal sebagai cendawan pascapanen yang menyerang produk saat penyimpanan. Widiastuti *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa beberapa patogen yang ditemukan pada komoditas buah pascapanen yaitu *Alternaria*, *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia* dan *Pestalotia*. Beberapa patogen tersebut mempunyai keragaman spesies dan sering ditemukan menginfeksi komoditas pascapanen pada fase penyimpanan.



Gambar 4. Karakter makroskopis dan mikroskopis cendawan a) *Thielaviopsis paradoxa*, b) *Aspergillus flavus*, c) *Fusarium* sp. dan d) *Penicillium* sp.

3.3 Pengaruh Perlakuan Air Panas terhadap Mutu Buah Salak

Mutu buah salak menjadi hal yang penting untuk diperhatikan mengingat bahwa buah ekspor harus dapat diterima oleh konsumen salah satunya secara organoleptik. Mutu buah salak yang diuji pada penyimpanan hari ke- 12 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Mutu buah salak pada pengamatan hari ke-12 setelah perlakuan air panas

Perlakuan	Parameter						
	Kadar Air (%)	Susut Bobot (%)	Kadar Asam (%)	Kekerasan (kg/cm ²)	Organoleptik		
					Warna	Aroma	Rasa
45 °C 5 menit	81.43±0.00 ^a	22.33± 1.47 ^{ab}	0.18±0.00 ^a	2.43± 0.15 ^{bc}	1.8±0.4 ^{bc}	1.7±0.5 ^{bc}	1.7±0.5 ^{bc}
45 °C 10 menit	82.28±0.00 ^a	22.19± 2.09 ^{ab}	0.18±0.00 ^a	3.56± 0.25 ^c	2.1± 0.7 ^c	2.2±0.8 ^c	2.2±0.8 ^c
50 °C 5 menit	80.15±0.00 ^a	20.37± 1.56 ^b	0.15±0.00 ^a	4.80± 0.01 ^d	3.1± 0.3 ^d	3.1±0.3 ^d	3.1±0.3 ^d
50 °C 10 menit	82.99±0.00 ^a	24.33± 0.98 ^{ab}	0.14±0.00 ^a	1.83± 0.21 ^b	1.4± 0.5 ^b	1.4±0.5 ^b	1.4±0.5 ^b
55 °C 5 menit	80.90±0.00 ^a	22.36± 1.12 ^{ab}	0.12±0.00 ^a	4.80± 0.01 ^d	3.0± 0.1 ^d	3.0±0.1 ^d	3.3±0.1 ^d
55 °C 10 menit	80.94±0.00 ^a	22.69± 3.83 ^{ab}	0.11±0.00 ^a	4.70± 0.01 ^d	3.2± 0.4 ^d	3.2±0.4 ^d	3.2±0.4 ^d
Kontrol	79.74±0.00 ^a	25.82± 2.87 ^a	0.14±0.00 ^a	0.80± 0.01 ^a	1.0± 0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a

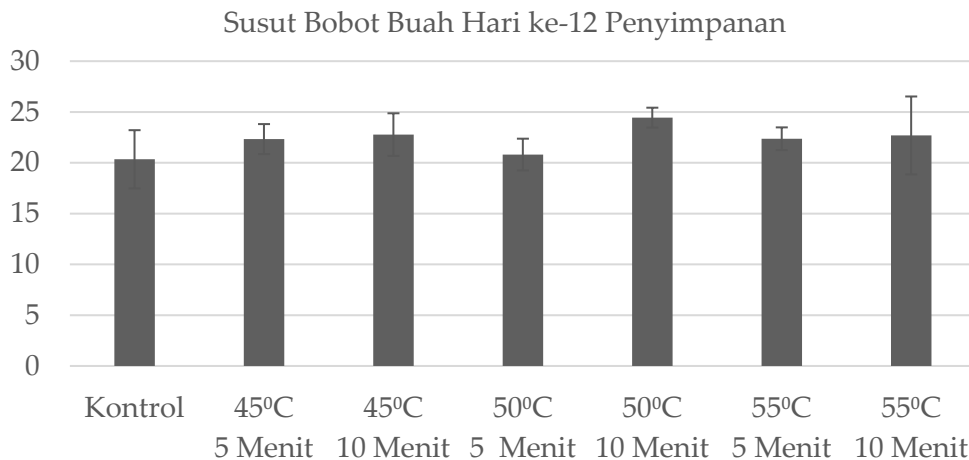
*Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0.05$ dengan uji Tukey

3.3.1 Kadar Air Buah Salak

Pemanasan dengan oven pada suhu 90 °C selama 2 jam menunjukkan hasil daging buah yang menjadi kering kecoklatan, untuk kemudian daging buah ini ditimbang dan didapatkan bobot yang konstan yang menunjukkan proses pemanasan untuk menghilangkan kadar air telah sempurna. Bobot buah sebelum dan sesudah pemanasan kemudian dibandingkan untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung dalam buah. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara kadar air buah kontrol dan buah perlakuan selama penyimpanan hingga hari ke-12 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tidak mengubah kadar air buah. Kadar air daging buah salak berkisar 78% (Depkes RI, 2000). Selama penyimpanan terjadi penurunan kadar air pada buah perlakuan maupun kontrol. Penurunan kadar air tersebut disebabkan terjadinya transpirasi setelah panen dan selama masa penyimpanan. Kusumo *et al.*, (1995), menyatakan bahwa pada suhu 28-30 °C laju transpirasi buah salak sangat cepat, sehingga memungkinkan penurunan kadar air yang nyata.

3.3.2 Susut Bobot

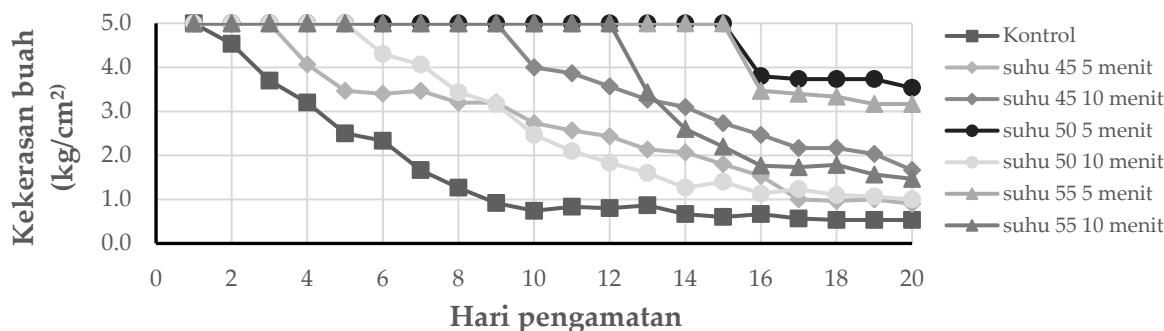
Pada perlakuan buah yang diujikan susut bobot akan meningkat sejalan dengan lama penyimpanan dan mengindikasikan penurunan kualitas buah (Gambar 5). Perubahan menyebabkan penampilan buah menjadi layu, perubahan tekstur menjadi lunak, dan hilangnya kerenyahan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh terhadap susut bobot (Tabel 2). Adanya korelasi positif yang diamati antara lamanya waktu perendaman air panas dan susut bobot menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka semakin tinggi penurunan susut bobot, yang mungkin disebabkan oleh suhu air yang mempengaruhi dinding sel buah (Jacobi *et al.*, 2001). Kehilangan bobot pada buah dan sayuran selama penyimpanan disebabkan oleh kehilangan air sebagai akibat proses penguapan dan kehilangan karbon selama respirasi sehingga menimbulkan kerusakan dan menurunkan mutu produk. Hernandez-Munoz *et al.*, (2008) menjelaskan kehilangan air dalam buah sangat berkaitan erat dengan laju respirasi dan transpirasi melalui kulit buah. Perubahan susut bobot dapat berpengaruh terhadap penerimaan konsumen maupun pedagang, dimana buah yang segar dan sehat akan lebih diminati dibanding penampilan buah yang layu dan lunak.



Gambar 5. Susut bobot buah salak dengan perlakuan air panas selama masa penyimpanan

3.3.3 Kekerasan Buah

Kekerasan buah merupakan parameter kritis dalam hal penerimaan konsumen terhadap buah dan sayur, karena merupakan parameter tingkat kesegaran buah selama penyimpanan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan berpengaruh nyata terhadap perubahan kekerasan buah selama penyimpanan (Tabel 2). Pada awal penyimpanan buah perlakuan dan kontrol memiliki nilai kekerasan yang sama, tetapi semakin lama waktu penyimpanan kekerasan menjadi turun (Gambar 6). Penurunan nilai kekerasan disebabkan oleh adanya perubahan pada dinding sel selama proses penyimpanan (Marlina *et al.*, 2014). Selain respirasi dan transpirasi penurunan kekerasan buah juga dipengaruhi oleh proses pematangan dan pemasakan buah (Gumaran *et al.*, 2020). Penurunan nilai kekerasan buah akan menyebabkan buah menjadi layu, tekstur menjadi lunak dan hilangnya kerenyahan. Hal ini berpengaruh terhadap penerimaan konsumen.



Gambar 6. Nilai kekerasan buah salak dengan perlakuan air panas selama masa penyimpanan

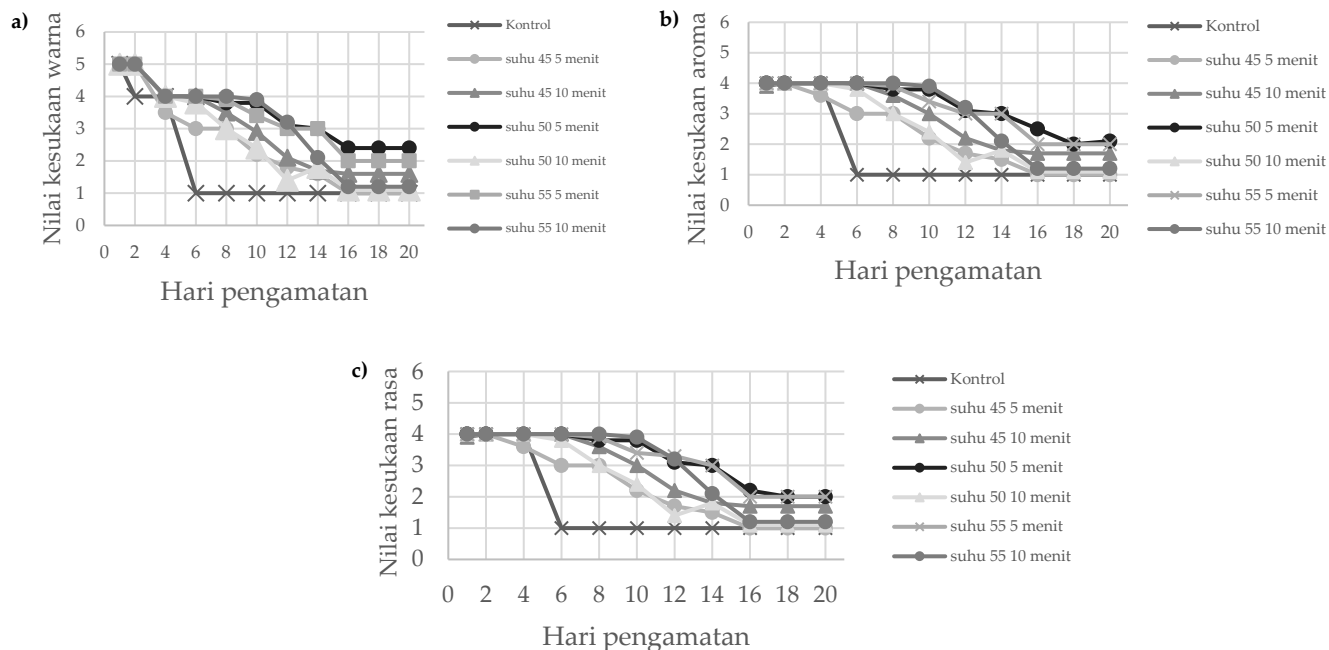
3.3.4 Total Asam

Total asam merupakan analisis jumlah asam yang terkandung dalam suatu larutan. Selama proses pematangan umumnya asam-asam organik akan mengalami penurunan karena berubah menjadi substrat respirasi atau dikonversi menjadi gula. Asam dapat dianggap sebagai sumber energi cadangan dalam buah. Cendawan lebih dominan menyerang buah karena toleransi yang tinggi terhadap lingkungan asam. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara angka asam kontrol dan buah perlakuan selama penyimpanan hingga hari ke-12 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan air panas tidak mempengaruhi tingkat keasaman buah salak.

3.3.5 Uji Organoleptik (Warna, Aroma dan Rasa)

Uji organoleptik bertujuan untuk mengukur tingkat penerimaan buah hasil perlakuan pada konsumen. Penilaian panelis terhadap perubahan mutu buah diberikan secara subjektif sesuai dengan pendapat masing-masing panelis. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan panelis pada uji organoleptik warna, aroma dan rasa buah (Tabel 2).

Warna merupakan salah satu faktor yang menentukan tingkat penerimaan konsumen saat membeli buah. Warna menentukan kualitas dari buah-buahan yang digunakan untuk membedakan tingkat kematangan buah. Selama penyimpanan buah salak tidak mengalami perubahan warna yang nyata, tetapi terjadi penurunan kecerahan buah yang semakin lama akan menjadi kusam. Pada kontrol tingkat kesukaan warna menurun setelah hari ke-4 penyimpanan, sedangkan perlakuan suhu 50 °C selama 5 menit dan 55 °C selama 10 menit tidak disukai mulai hari ke-12 penyimpanan (Gambar 7a). Selain warna, aroma merupakan salah satu parameter untuk melihat kualitas buah. Kerusakan buah menyebabkan perubahan aroma dari yang berbau khas salak menjadi berbau asam. Kesukaan aroma buah kontrol mulai menurun setelah hari ke-4 penyimpanan, sedangkan perlakuan suhu 50 °C selama 5 menit dan 55 °C selama 10 menit tidak disukai mulai hari ke-12 (Gambar 7b). Buah salak juga mengalami perubahan rasa dari manis menjadi lebih pahit karena proses pembusukan. Hal ini juga dapat mempengaruhi penerimaan konsumen. Tingkat kesukaan rasa buah kontrol mulai menurun setelah hari ke-4 penyimpanan, sedangkan perlakuan suhu 50 °C selama 5 menit dan 55 °C selama 10 menit tidak disukai mulai hari ke-12 penyimpanan (Gambar 7c).



Gambar 6. Tingkat kesukaan panelis terhadap a) warna, b) aroma dan c) rasa buah salak dengan perlakuan air panas pada suhu yang berbeda

4. Kesimpulan

Perlakuan suhu dan lama perendaman air panas dapat menekan pertumbuhan patogen penyebab busuk buah pada salak dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan air panas juga dapat mengurangi patogen penyebab busuk buah salak dibandingkan dengan kontrol. Suhu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kerusakan buah. Buah yang diberi perlakuan air panas suhu 50 °C selama 5 menit dapat bertahan hingga hari ke-10 penyimpanan dan mempertahankan kualitas mutu buah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Badan Pengembangan dan Penyuluhan SDM Pertanian Kementerian Pertanian yang mendanai penelitian penulis serta kepada Kepala Balai dan staf Laboratorium Karantina Tumbuhan Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian yang telah membantu selama penelitian.

5. Daftar Pustaka

Abubakar, M.M., Norida, M., Rafii, M.Y., Nakasha, J.J. (2020). Effects of post-harvest hot water treatments on the fungi contamination, physiology and quality of rock melon fruit. *Australian Journal of Crop Science*. 14(07):1081-1087. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.07>

- Adiartayasa, W., Wijaya, I.N., Bagus, I.G.N., Adnyana, Siadi, I.K. (2018). Pelatihan pengendalian penyakit busuk berair pada buah salak di Desa Duda Timur, Kecamatan Selat Kabupaten Karangasem. *Buletin Udayana Mengabdi*. 17(3): 13-20. <https://doi.org/10.24843/BUM.2018.v17.i03.p03>
- Adirahmanto, K.A., Hartanto, R., Novita, D.D. (2013). Perubahan kimia dan lama simpan buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw) dalam penyimpanan dinamis udara – co₂. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2(3): 123- 132
- Ahmad, R.Z., Setyabudi, D.A., Wulandari, N.S. (2018). The mold causing agent of rotten snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaertn.) from traditional fruit markets. *Proceedings of the 2nd International Conference on Biosciences*. p 1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/197/1/012031>
- Analysis of Association Analytical Chemistry. (1999). Official Methods of Analysis of Association Analytical Chemistry. Arlington (GB): AOAC Inc
- Analysis of Association Analytical Chemistry. (2005). Official Methods of Analysis of Association Analytical Chemistry. Arlington (GB): AOAC Inc
- Ariviani, S., Parnanto, N.H.R., (2013). Kapasitas antioksidan buah salak (*Salacca edulis* Reinw.) kultivar pondoh, nglumut, dan bali serta korelasinya dengan kadar fenolitik total dan vitamin C. *Agritech*. 33(3):324-333.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi Buah-buahan dan ekspor buah tahun 2022. www.bps.go.id. Diakses tanggal 14 Maret 2023
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2000). *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bharata Karya Aksara.
- Ellis, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. Wallingford (UK): CMI.
- Erkan, M., Pekmezci, M., Wang, C.Y. (2005). Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of 'Valencia' oranges. *International Journal of Food Science and Technology*. 40:91–96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00912.x>
- Fallik, E., Aharoni, Y., Copel, A., Rodov, V., Tuvia-Alkalai, S., Horev, B., Regev, R. (2000). Reduction of postharvest losses of Galia melon by a short hot-water rinse. *Plant Pathology*. 49(3): 333–338. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2000.00467.x>
- Gumaran, S., Sutrisno, Iriani, E.S. (2020). Aplikasi pelapisan nanokompisit untuk mempertahankan kualitas salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw.). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(2):77-87. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n2.2020.77-87>
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V.D., Velez, D., Gavara, R. (2008). Effect of chitosan combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food chemistry*. 110:428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>

- Hidayati, B.A. (2012). Kajian kombinasi hot water treatment (HWT) dan CaCl_2 terhadap mutu dan umur simpan mangga varietas gedong gincu (*Mangifera indica*, L.). [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Ilic, Z.S., Fallik, E. (2017). Hot Water Treatments. Chapter 9. 231-247. <https://doi.org/10.1201/9781315370149-9>
- Inkha, S., Boonyakiat, D. (2010). Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in tangerine fruit cv. Sai Num Phung flavedo by hot water treatment. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.* 35(5):445-451
- Jacobi, K.K., Macrae, E.A., Hetherington, S.E. (2000). Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. *Postharvest Biology and Technology.* 21:39-49. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00163-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00163-0)
- Jamaludin, Nugroho, L.P.E., Darmawati, E. (2018). Investigasi penyakit busuk ujung lancip buah salak pada rantai pasok. *Jurnal Keteknik Pertanian.* 6(2):303-310. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.303-310>
- Janisiewicz, W.J., Korsten, L. (2002). Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits. *Annual Review of Phytopathology.* 40(1):411-441. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158>
- Kusumo S., Bahar F.A., Sulihanti, S., Krisnawati, Y., Suhardjo, Sudaryono, T. (1995). Teknologi Produksi Salak. Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta
- Leslie, JF., Summerell, BA.. 2008. The *Fusarium* laboratory manual. Iowa (US): Blackwell Publishing.
- Marlina, L., Purwanto, Y.A., Ahmad, U. (2014). Aplikasi pelapisan kitosan dan lilin lebah untuk meningkatkan umur simpan salak pondoh. *Jurnal Keteknik Pertanian.* 2(1):65-72. <https://doi.org/10.19028/jtep.02.1.65-72>
- Mirshekari, A., Ding, P., Kadir, J., Ghazali, H.M. (2012). Effect of hot water dip treatment on postharvest anthracnose of banana var. Berangan. *African Journal of Agricultural Research.* 7(1):6-10. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.056>
- Mukhtarom, K.M., Sutrisno, Hasbullah, R. (2016). Perlakuan air panas diikuti pencelupan dalam larutan CaCl_2 untuk mempertahankan kualitas buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian.* 4(1):37-44. <https://doi.org/10.19028/jtep.04.1.37-44>
- Nigro, F., Ippolito, A., Lattanzio, V., Di, Venere, D., Salerno, M. (2000). Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *J Plant Pathol.* 82(1):29-37.
- Nugraha, E.B., Ahmad, U., Pujantoro, L.P.E. (2018). Kajian efikasi asap cair dan karakterisasi film lilin lebah untuk mencegah serangan cendawan pada buah salak pondoh. *Jurnal Keteknik Pertanian.* 6(3):237-294. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.287-294>

- Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, J., Weiss, B., Daus, A., Cohen, L., Lurie, S. (2000). Induction of resistance to *Penicillium digitatum* and chilling injury in “Star Ruby” grapefruit by a short hot-water rinse and brushing treatment. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 75(4): 428–432. <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511263>
- Pratomo, A., Sumardiyono, C., Maryudani, Y.M.S. (2009). Identifikasi dan pengendalian jamur busuk putih buah salak dengan ekstrak bunga kecombrang (*Niolaia Speciosa*). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 5(2):65-70.
- Rachmawati, M. (2010). Pelapisan kitosan pada buah salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) sebagai upaya memperpanjang umur simpan dan kajian sifat fisiknya selama penyimpanan. *J Teknol Pertanian*. 6(2):45-49.
- Samson, A.R. (2016). Training Course for The Identification of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces*. Netherlands: Westerdijk Fungal Biodiversity Institut, Utrecht.
- Santosa, B. (2011). Penentuan Umur Petik dan Pelapisan Lilin Sebagai Upaya Menghambat Kerusakan Buah Salak Pondoh Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8 (3): 153 – 159.
- Sugianti, C., Tamrin, Pakpahan, E.F. (2018). Pengaruh Hot Water Treatment (HWT) terhadap busuk buah dan kandungan buah salak pondoh. *Prosiding Seminar Nasional Perteta*. 344-353.
- Utama, I.M.S. (2006). Pengendalian organisme pengganggu pascapanen produk hortikultura dalam membentuk GAP, pemberdayaan petugas dalam pengelolaan OPT hortikultura dalam rangka mendukung good agricultural practice (GAP), Bali, Indonesia, 3-8 Juli 2006
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. Ed ke-2. Florida (US): CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/9781420040821>
- Widiastuti, A., Ningtyas, O.H., Priyatmojo, A. (2015). Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Pascapanen pada Beberapa Buah di Yogyakarta. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(3):91-99. <https://doi.org/10.14692/jfi.11.3.91>
- Wulandari, N.F., Ahmad, R.Z. (2018). *Thielaviopsis* spp. from Salak [*Salacca zalacca* (Gaerntn.) Voss] in Indonesia. *International Journal of Agricultural Technology*. 14(5):797-804.