



## Studi pendahuluan pengeringan kulit buah duku segar dengan mengekspos di bawah pemancar radiasi inframerah

Laila Rahmawati<sup>1\*</sup>, Hari Hariadi<sup>1</sup>, Daniel Saputra<sup>2</sup>, Kaprawi Sahim<sup>3</sup>, Gatot Priyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pusat Riset Teknologi Tepat Guna, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Subang, Indonesia*

<sup>2</sup>*Departmen Teknologi Pertanian, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia*

<sup>3</sup>*Departemen Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia*

### Article history

*Diterima:*

13 September 2021

*Diperbaiki:*

18 November 2021

*Disetujui:*

22 November 2021

### Keyword

*Infrared radiation;*

*Drying;*

*Duku;*

*Shelf life*

### ABSTRACT

*Duku (Lansium domesticum), an exotic tropical fruit that has a short shelf life of around 3-5 days at room temperature. Many methods were used to prolong the shelf life of duku, and one of the common methods is Modified Atmosphere Packaging (MAP). Lately, infrared radiation had been implemented in food processing aimed at securing and ensuring the foodstuff quality. In this preliminary study, duku was exposed using infrared emitter radiation (1000 watts), 10 cm distance of emitters, 400°C of temperature, and 50 seconds of exposing time. The aim of this preliminary research was to determine the use of infrared radiation to extend the shelf life and secure the fruit quality by creating the dried's peel. The result has shown that the treatment could create a shell likeness on duku's peel and could extend the shelf life of duku up to 2 weeks.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email : laila.rahmawati53@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v16i1.11857

## PENDAHULUAN

Duku (*Lansium domesticum* Corr.) merupakan salah satu buah tropis dari Indonesia yang memiliki nilai komersil. Selain di Indonesia, duku juga banyak dibudidayakan di Thailand, Malaysia, Sri Lanka, Filipina, Australia, dan Puerto Rico (Paull, 2014). Selama ini duku umumnya dikonsumsi dalam bentuk buah segar. Konsumsi buah duku segar hanya bisa dilakukan pada musim panen yang berlangsung relatif singkat yaitu Januari hingga Mei setiap tahunnya.

Buah segar yang telah di panen lebih rentan untuk terserang mikroorganisme karena adanya peningkatan respirasi selama pascapanen. Oleh karena itu, umur simpan buah segar yang diletakkan pada temperatur ruang sangat pendek (Kendra, 2010). Khusus untuk buah duku, umur simpan buah pada temperatur ruang hanya berkisar 4 hingga 7 hari setelah pemanenan. Duku akan mudah mengalami perubahan tekstur, perubahan rasa, dan mengalami *browning* (Lichanporn *et al.*, 2009; Thanya dan Prince, 2015).

Kerusakan yang terjadi pada buah duku pascapanen dapat dikendalikan dengan beberapa cara, diantaranya dengan pemberian zat kimia, penyimpanan temperatur rendah, *modified atmospheric package* dan pengeringan. Menurut Ketsa dan Paull, (2008), buah duku dapat rentan mengalami *chilling injury* pada suhu dibawah 15°C yang kemudian dapat menyebabkan kulit buah duku mengalami kecoklatan, rasa buah menjadi terfermentasi, dan kulit menjadi lebih lunak.

Metode alternatif selanjutnya untuk mengendalikan kerusakan pasca panen dan untuk memperpanjang masa simpan yakni dengan pengeringan. Metode pengeringan dengan penerapan radiasi inframerah pada proses pengolahan pangan dapat mengurangi kandungan air, mengurangi konsumsi energi, mempersingkat waktu proses, laju perpindahan panas yang tinggi, aman dan dapat menjamin kualitas bahan pangan yang diproses (Pan *et al.*, 2011). Beberapa penelitian pengeringan dengan menggunakan sistem radiasi inframerah telah banyak dilakukan diantaranya untuk pengeringan buah pisang ( Pan *et al.*, 2008; Pekke *et al.*, 2013); apel (Nowak dan Lewicki, 2004; Tog 2005; Nowak dan Lewicki, 2007.), kelengkeng (Nathakaranakule *et al.*,

2010), peach ( Wang, J. dan K. Sheng., 2006), dan rempah (Rachmat *et al.*, 2010).

Karakteristik unik yang dimiliki oleh radiasi inframerah yaitu hanya dapat memanaskan pada bagian permukaan luar bahan dalam waktu yang singkat tanpa menaikkan suhu bagian dalam bahan (Li dan Pan, 2014b), selain itu radiasi inframerah dapat menginaktivasi enzim, dapat menginaktivasi bakteri, spora, yeast, dan mold dengan beberapa parameter yang berpengaruh diantaranya adalah daya pada *infrared heater* (Hamanaka *et al.*, 2000), temperatur sampel (Sawai *et al.*, 2003), panjang gelombang dan luas bidang sasaran gelombang (Krishnamurthy *et al.*, 2008), ketebalan sampel (Sawai *et al.*, 2000), dan kadar air sampel (Hamanaka *et al.*, 2006).

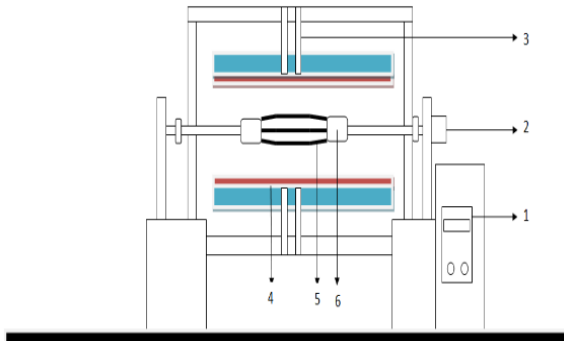
Dari beberapa keunggulan yang dimiliki oleh radiasi inframerah tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penggunaan inframerah untuk memperpanjang masa simpan buah duku. Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui keberhasilan penggunaan radiasi inframerah dalam memperpanjang masa simpan dan mempertahankan kualitas buah duku dengan mengeringkan kulit buah duku segar, sehingga menjadi salah satu metode dalam memperpanjang masa simpan buah tropis, khususnya buah duku.

## METODE

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah duku lokal dari Sumatera Selatan, Indonesia. Buah duku dipilih berdasarkan 3 kategori ukuran berdasarkan diameter buah yaitu besar (3-3,5 cm), sedang (2,5-2,9 cm), kecil (2-2,4 cm), dan bebas dari kerusakan fisik maupun kimia. Pengukuran diameter buah menggunakan Vernier Calliper yang memiliki ketelitian 0,01 mm.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini yakni pengering dengan menggunakan radiasi infra dengan skala laboratorium (Gambar 1). Pengering inframerah memiliki 2 keramik pemancar/*emitter* (245 mm x 60 mm), kapasitas (1000 watt) yang dipasang saling berhadapan. Pengering radiasi inframerah dirancang dengan pengaturan jarak antar *emitter* yang dapat disesuaikan. Ruang pengering didesain memiliki penutup untuk mencegah hilangnya suhu *emitter*. Pengering radiasi inframerah memiliki keranjang buah yang dapat menampung 3 duku secara mendatar dengan diameter 2-3,5 cm. Keranjang buah dihubungkan dengan poros horizontal yang

dapat berputas otomatis dengan kecepatan 30 rpm. Pengering radiasi inframerah memiliki sensor suhu untuk memantau kenaikan suhu yang terjadi pada *emitter*.



Gambar 1 Rancangan alat pengering inframerah. 1) Pengatur suhu, kecepatan, dan *display* kontrol; 2) Motor penggerak; 3) *Thermocouple*; 4) *Emiter* inframerah (1000 watt); 5) Keranjang buah; 6) *Stick holder*

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental (*Explanatory Research*) dan dianalisis secara deskriptif pada penampakan buah duku. Analisa yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kimia (pH dan kadar gula terlarut) dan fisik (tingkat kekerasan kulit buah duku, warna, dan penurunan berat).

### Proses Pengeringan Radiasi Inframerah

Pada awal pengoperasian alat, posisi keranjang buah diletakkan jauh di luar *emitter* radiasi inframerah untuk menghindari kontaminasi panas. Selama 5 menit alat dibiarkan sampai kondisi suhu alat stabil mencapai suhu yang ditetapkan ( $400^{\circ}\text{C}$ ). Setelah suhu alat stabil, keranjang buah yang berisi 3 buah dengan posisi mendatar, dimasukkan ke dalam alat dan *timer* dihidupkan. Setelah proses pemanasan, keranjang buah dikeluarkan dan buah diukur sifat fisik dan kimianya.

Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan menstabilkan suhu alat selama 3 menit pada suhu perlakuan ( $400^{\circ}\text{C}$ ). Setelah sampel dilakukan pengeringan kemudian sampel disimpan pada suhu terkontrol (suhu  $16-20^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban antara 50%-70%). Selama penyimpanan, sampel diuji sifat fisik dan kimianya selama 14 hari secara berurutan.

## Pengukuran Sifat Fisik Buah Duku

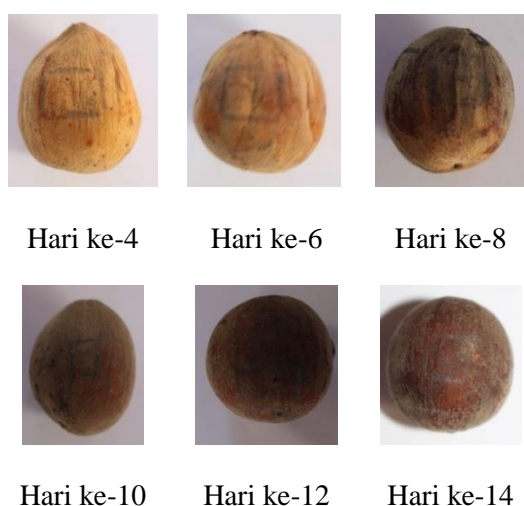
Perubahan fisik buah duku selama masa penyimpanan 14 hari adalah penurunan berat, warna, dan tingkat kekerasan kulit buah duku. Pengukuran berat dilakukan dengan menimbang buah duku menggunakan timbangan analitik dengan 3 kali perulangan. Pengukuran warna menggunakan *colorimeter portable* (Colorimeter WR10) pada 3 titik pengukuran (atas, tengah, bawah). Tingkat kekerasan kulit buah duku diukur dengan menggunakan alat Penetrometer portabel (Andilog CNR-FT&V, presisi 0,25% FS) dengan 3 titik pengukuran (atas, tengah, bawah). Tingkat kekerasan buah duku dilakukan secara destruktif. Kekerasan buah ditampilkan secara digital dalam Newton dan kemudian rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut diambil sebagai kekerasan buah untuk satu buah.

## Pengukuran Kandungan Kimia Buah Duku

Kandungan kimia buah duku selama proses penyimpanan setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah diukur tingkat keasaman dan gula terlarut. Tingkat keasaman dan kadar gula yang terlarut. Pengukuran tingkat keasaman dilakukan dengan metode titrasi. Kadar gula terlarut diukur dengan Digital Refractometer (Model DBX-55A range 0.0 – 55.0 brix, akurasi  $\pm 0,1\%$ ) dengan mengambil filtrat daging buah duku yang telah tersaring.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara morfologi buah duku berbentuk bulat dengan diameter 2 – 3,5 cm, memiliki lapisan pericarp (2-3 mm), berwarna kuning ketika menjelang matang, memiliki daging buah berwarna putih yang terdiri dari 82,9% air, vitamin C 46 mg, vitamin A sebanyak 15 IU, B1 sejumlah 0,08 mg dan B2 sejumlah 0,02 mg. Buah duku memiliki beberapa kandungan mineral dan senyawa volatile (Lim, 2012). Setelah proses pemaparan dengan radiasi inframerah dan disimpan pada suhu terkontrol buah mengalami perubahan fisik. Perubahan karakteristik fisik buah duku disajikan pada Gambar 2.

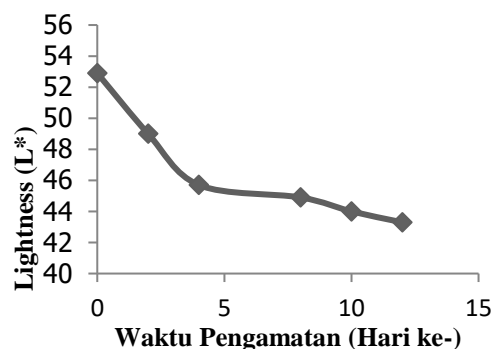


Gambar 2 Perubahan fisik warna dan bentuk buah duku setelah pengeringan dengan radiasi inframerah dan penyimpanan pada suhu terkontrol

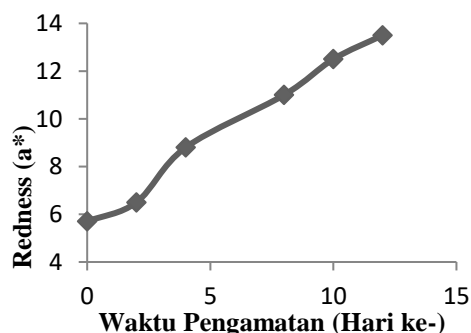
Selama rentang waktu dari hari 4-14 terlihat bahwa buah mengalami perubahan warna dari kuning langsung menjadi coklat. Perubahan warna tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor, diantaranya akibat pemaparan panas radiasi ke kulit buah duku dan lamanya waktu penyimpanan dalam suhu terkontrol. Penyimpanan buah duku setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah dilakukan didalam lemari pendingin, dimana penyimpanan temperatur rendah pada buah dan sayuran tropis maupun subtropis rentan mengalami kerusakan (*chilling injury*) (Wills *et al.*, 1998). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Ketsa dan Paull (2008), buah duku dapat rentan mengalami *chilling injury* pada suhu dibawah 15°C yang kemudian dapat menyebabkan kulit buah duku mengalami kecoklatan. Perubahan karakteristik buah duku tidak lepas dari perubahan fisik dan kandungan kimia didalamnya.

**Perubahan Warna Buah Duku**

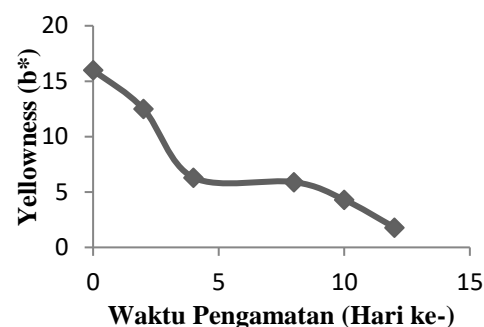
Warna buah merupakan indikasi penting bagi konsumen. Parameter nilai L\*, a\*, dan b\* diukur untuk penentuan warna pada buah duku. Hasil pengukuran warna buah duku setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah dan disimpan dalam suhu ruang terkontrol disajikan pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3 Hasil pengukuran warna buah duku (L\*,a\*,b\*)

Hasil pengukuran nilai L\* pada buah duku sebelum dipaparkan dengan menggunakan inframerah menunjukkan nilai 52,9 dan menurun secara signifikan selama penyimpanan (Gambar 3a). Interaksi antara suhu dan waktu penyimpanan secara signifikan mempengaruhi nilai L\*. Sementara nilai b\* pada buah sebelum dipaparkan dengan inframerah awal adalah 16 dan secara signifikan menurun selama penyimpanan (Gambar 3c).

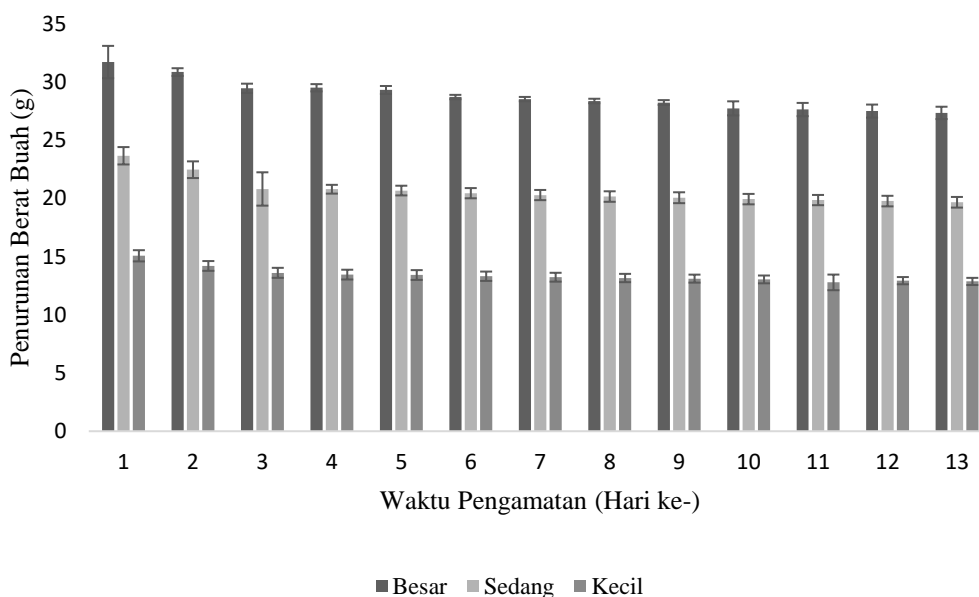
Sebaliknya, nilai a\* pada awal menunjukkan 5,7 dan meningkat selama proses penyimpanan. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa

ketiga indikator warna buah duku selama penyimpanan memiliki korelasi dengan perubahan warna coklat yang terjadi pada kulit duku. Pencoklatan yang terjadi pada kulit duku disebabkan beberapa hal diantaranya adanya akibat pemaparan dengan inframerah yang menyebabkan proses pindah panas dan massa. Proses tersebut mengakibatkan kerusakan membran. Kerusakan membran dapat merusak struktur sel dan plasma sehingga meningkatkan permeabilitas sel dan mempermudah proses pencampuran enzim dan substrat yang menghasilkan reaksi pencoklatan pada buah

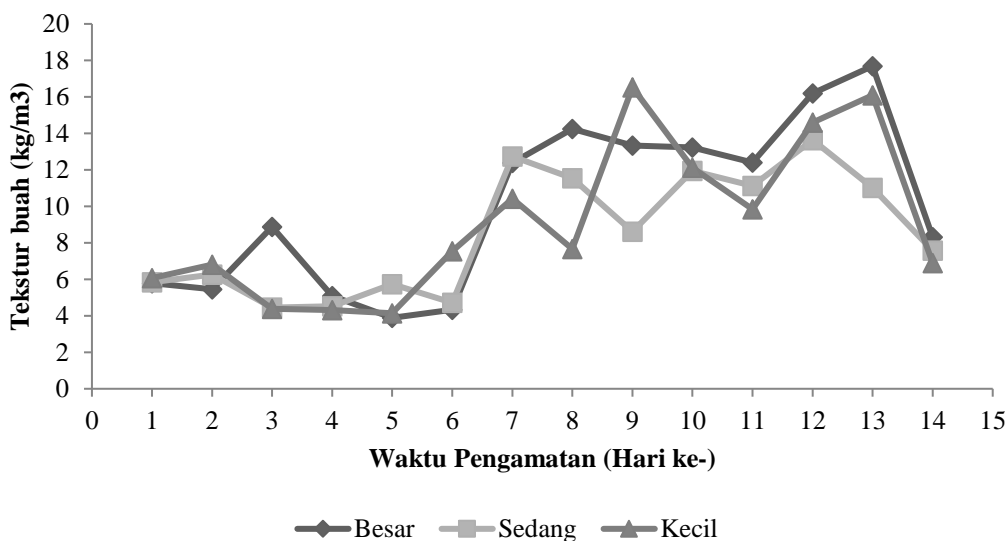
(Lichanporn *et al.*, 2008; K. Venkatachalam dan Meenune, 2012). Selain itu, penyebab perubahan warna tersebut juga dapat dimungkinkan akibat dari penyimpanan pada suhu terkontrol. Beberapa enzim kulit buah duku dilaporkan aktif apabila buah diletakkan pada kondisi ruang terlalu dingin (*chilling injury*).

**Pengukuran Berat**

Hasil pengukuran berat buah duku yang dikelompokkan berdasarkan ukuran (besar, sedang, kecil) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Pengukuran Berat Buah (g)



Gambar 5 Hasil Pengukuran Tekstur Buah Duku (kg/m³)

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada masing-masing buah baik ukuran besar, sedang, dan kecil mengalami penurunan berat buah secara signifikan selama penyimpanan dalam suhu terkontrol. Pada akhir penyimpanan, buah duku yang disimpan pada suhu terkontrol mengalami penurunan berat buah sebesar 13,77% (besar), 16,88% (sedang), dan 14,61% (kecil). Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor. Faktor pertama adalah proses paparan dengan inframerah. Semakin tinggi suhu emitter inframerah maka semakin besar energi panas yang terpancar dari emitter yang akan menyebabkan perbedaan kondisi antara media pemanas dan lapisan buah. Perbedaan suhu antara media pemanas dan bahan menyebabkan perpindahan panas ke dalam bahan cepat dan semakin cepat perpindahan uap air dari bahan ke lingkungan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Brackmann *et al.*, (2014) dan Ding *et al.*, (2015) dimana semakin cepat proses penguapan terjadi dengan intensitas yang tinggi, maka suatu bahan akan kehilangan beratnya dan hal tersebut seiring dengan peningkatan perpindahan panas radiasi ke permukaan buah. Beberapa penelitian melaporkan bahwa semakin tinggi kehilangan berat atau kehilangan massa pada kulit buah, semakin tinggi kualitas pascapanen karena adanya pertukaran gas (Brackmann *et al.*, 2007).

Faktor yang kedua, disebabkan oleh masa penyimpanan buah pada suhu terkontrol. Buah yang disimpan masih memungkinkan untuk melakukan respirasi yang kemudian menyebabkan transpirasi sehingga menyebabkan penurunan berat pada duku. Pada dasarnya laju transmisi uap air pada duku tidak berpengaruh signifikan terhadap penurunan berat buah jika dibandingkan dengan tingkat transmisi oksigen dan suhu selama penyimpanan. Suhu rendah dapat menghambat metabolisme duku sehingga proses transpirasi berkurang (Lichanporn *et al.*, 2008).

### **Pengukuran Tekstur**

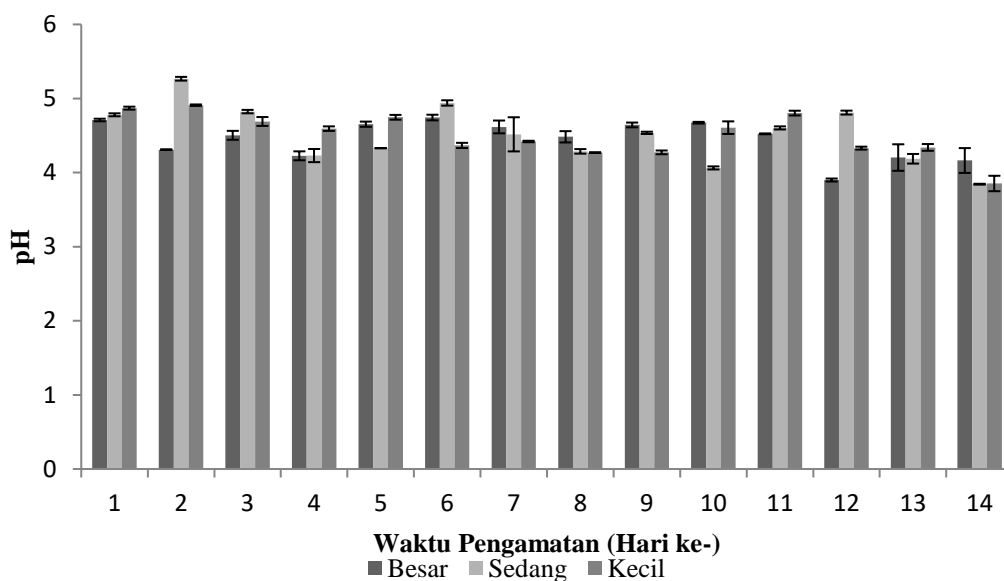
Perubahan tekstur kulit duku setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah kemudian disimpan pada suhu terkontrol disajikan pada Gambar 5 berikut. Nilai awal tekstur pada pengukuran hari pertama setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil pengukuran akhir proses penyimpanan buah. Secara keseluruhan, dari ketiga sampel yang digunakan, grafik hasil pengukuran menghasilkan laju kenaikan pada

masa penyimpanan hari ke-12 dan ke 13 kemudian menurun secara drastis pada hari penyimpanan ke-14. Selain itu trend grafik menunjukkan tidak konsistensi dalam pengukuran hasil tekstur buah. Hal ini dapat disebabkan karena keberagaman tebal kulit buah duku pada masing-masing buah yang tidak dapat dikontrol sebagai variabel tetap. Proses pengukuran tekstur merupakan salah satu proses destruktif yang mengharuskan merusak sampel pengukuran.

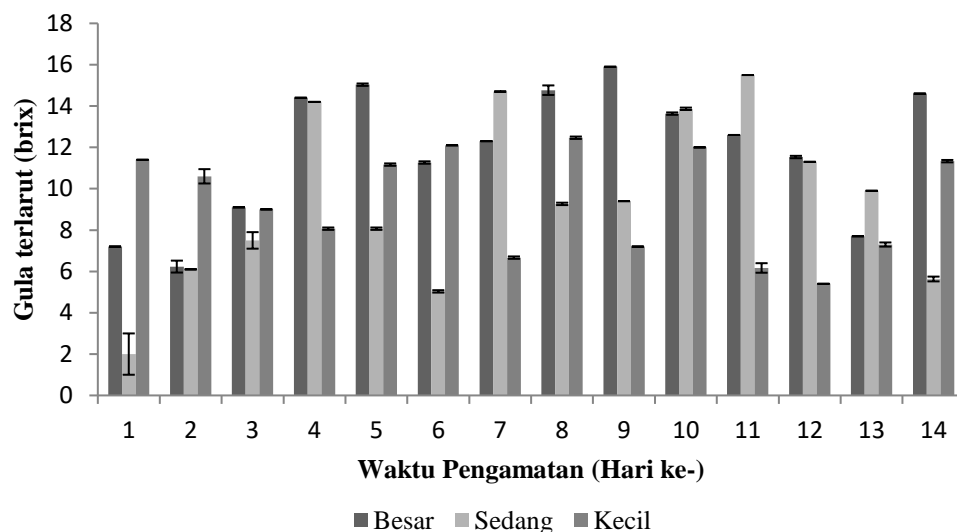
Secara keseluruhan, tingkat kekerasan kulit buah duku yang dikeringkan dengan radiasi inframerah dipengaruhi oleh proses paparan. Tingginya suhu dan durasi paparan dapat mempercepat proses hilangnya uap air dalam kulit buah duku. Secara teoritis, pancaran suhu dengan inframerah menabrak kulit duku sehingga panasnya dapat menembus jaringan bagian dalam melalui perpindahan panas konduktif. Energi termal ini akan menyebabkan kenaikan suhu mendadak. Hal ini menyebabkan kerusakan dinding sel, penguapan uap air, pecahnya pektin, kerusakan sel lamella, dan degradasi dinding sel polisitida. Semakin tinggi suhu dan semakin lama durasi paparan radiasi inframerah tinggi akan menyebabkan lebih banyak kerusakan pada kulit duku dan pengerasan pada kulit. Sehingga nilai akhir tekstur kulit buah duku. Hal ini sejalan dengan penelitian Li dan Pan, (2014) dimana waktu paparan inframerah yang lebih lama dapat mengakibatkan degradasi kulit jaringan dan pengurangan daya rekat pada daging buah.

### **Pengukuran pH**

Meskipun rasa manis merupakan salah satu komponen penting dalam buah, tetapi asam memiliki peran dalam rasa buah, khususnya duku. Hasil pengukuran tingkat keasaman duku dalam penelitian ini dinyatakan dalam pH. Pengukuran pH duku setelah dipaparkan dengan menggunakan inframerah disajikan dalam Gambar 6 berikut. Selama waktu pengamatan, nilai pH awal duku diameter besar sebesar pH 4,71, diameter sedang sebesar pH 4,78, dan diameter kecil sebesar pH 4,87. Selama penyimpanan pH pada setiap duku mengalami penurunan. Pengurangan tingkat pH atau keasaman buah duku dalam semua perlakuan disebabkan oleh penggunaan gula sebagai substrat dalam proses respirasi. Peningkatan akumulasi karbon dioksida dapat mengganggu fungsi siklus Krebs dan meningkatkan penambahan asam organik (Karthikeyan Venkatachalam dan Meenune, 2012).



Gambar 6 Hasil Pengukuran pH Buah Duku



Gambar 7 Hasil Pengukuran Gula Terlarut Buah Duku (brix)

### Pengukuran Gula Terlarut

Hasil pengukuran kadar gula terlarut dalam duku setelah dipaparkan dengan radiasi inframerah dan disimpan pada suhu terkontrol disajikan pada Gambar 7 berikut. Hasil menunjukkan bahwa terjadi peningkatan total kadar gula terlarut pada buah berdiameter besar dan sedang, sedangkan buah yang berdiameter kecil memiliki nilai gula terlarut lebih rendah daripada nilai awal.

Kenaikan konsentrasi gula setelah terpapar radiasi inframerah dan penyimpanannya dapat diakibatkan dari konversi karbohidrat menjadi glukosa. Konversi karbohidrat menjadi glukosa

dapat disebabkan oleh respirasi pada periode penyimpanan. Pati dapat dikonversi kembali menjadi glukosa oleh sedikitnya tiga enzim berbeda yaitu,  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase dan fosforilasa pati (Suárez-Dieíguez *et al.*, 2009). Pada buah non klimakterik, akumulasi gula berhubungan dengan perkembangan kualitas makan optimal, meskipun gula dapat diturunkan dari getah yang diimpor ke dalam buah daripada dari pemecahan biji pada cadangan pati (Nascimento *et al.*, 2006). Pati dipecah menjadi sukrosa dengan aksi sukrosa fosfat sintetase dan gula non-pereduksi dari sukrosa dengan hidrolisis asam.

## KESIMPULAN

Kulit Duku yang dipaparkan dengan menggunakan radiasi inframerah yang kemudian dan disimpan dalam suhu terkontrol (16-20°C) dapat menciptakan kondisi kulit duku yang keras. Pengerasan pada kulit buah duku disebabkan oleh penurunan kadar air buah duku. Duku yang dipaparkan dengan menggunakan radiasi inframerah pada emitter (1000 watt), jarak emitter 10 cm, dengan suhu 400°C, dan waktu 50 detik menghasilkan kondisi kulit duku kering (*shell likeness*). Kondisi tersebut dapat memperpanjang masa simpan duku sampai dengan 2 minggu dan menjaga kualitas buah duku, dibuktikan dengan kandungan gula terlarut yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan asamnya. Sehingga, metode pemaparan dengan menggunakan radiasi inframerah dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam proses pasca panen buah duku.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ristekdikti, melalui skema Beasiswa PMDSU dan Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi riset ini. Terima kasih kepada Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna, Badan Riset dan Inovasi Nasional, yang telah memfasilitasi publikasi riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brackmann, A., Pinto, J. A. V., Weber, A., Neuwald, D. A., Steffens, C. 2007. *Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbio*. Revista Brasileira de Armazenamento, 2: 87-92.
- Brackmann, A., Thewes, F. R., Anese, R. de O., Both, V., Gasperin, A. R. 2014. *Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of "Fuyu" persimmon fruit stored in controlled atmosphere*. Ciência Rural, 44(4): 612-615. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000400006>
- Ding, C., Khir, R., Pan, Z., Zhang, J., Tu, K., El-Mashad, H. 2015. *Effect of Infrared and Conventional Drying Methods on Physicochemical Characteristics of Stored White Rice*. Cereal Chemistry, 92(5):441-448. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-11-14-0232-R>
- Hamanaka, D., Dokan, S., Yasunaga, E., Kuroki, S., Uchino, T., dan Akimoto, K. 2000. *The Sterilization Effects of Infrared Ray on The Agricultural Products Spoilage Microorganisms (part I)*. in ASAE Annual Meeting Presentation.
- Hamanaka, D., Uchino, T., Furuse, N., Han, W. dan Tanaka, S. 2006. *Effect of the wavelength of infrared heaters on the inactivation of bacterial spores at various water activities*. International Journal of Food Microbiology, 108(2): 281–285. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.11.019>
- Jun, W. dan Sheng, K. 2006. *Far-infrared and microwave drying of peach*. LWT - Food Science and Technology, 39: 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.02.001s>
- Kendra, K. V. 2010. *Food Science and Technology Modified atmosphere packaging of fresh produce : Current status and future needs*. LWT - Food Science and Technology. Elsevier Ltd, 43(3): 381–392. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.018>
- Ketsa, S. dan Paull, E. R. 2008. *Meliaceae*. The Encyclopedia of Fruit and Nuts. UK: CAB International Publication, 468–472.
- Kouzeh, K. M., Van Zuilichem, D. J., Roozen, J.P., Pilnik, W. 1982. *A Modified Procedure for Low Temperature Infrared Radiation of Soybeans. II. Inactivation of Lipoxygenase and Keeping Quality of Full Fat Flour*. Lebens Wiss Technol, 15(3): 139–142.
- Krisnamurthy, K., Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A. 2008. *Efficacy of Infrared Heat Treatment for Inactivation of Staphylococcus aureus in Milk*. Journal of Food Process Engineering. 31: 790-816. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00191.x>
- Li, X. dan Pan, Z. 2014. *Dry-peeling of Tomato by Infrared Radiative Heating: Part I. Model Development*. Food and Bioprocess Technology, 7(7): 1996–2004. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1203-8>
- Lichanporn, I., Srilaong, V., Wongs-Aree, C., Kanlayanarat, S. 2008. *External quality and physiological changes in longkong fruit (Aglaia dookkoo Griff) during storage at various relative humidity*. Acta horticulturae, 804:373-378. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.804.53>
- Lichanporn, I., Srilaong, V., Wongs-Aree, C. dan Kanlayanarat, S. 2009. *Postharvest*



- physiology and browning of longkong (Aglaia dookkoo Griff.) fruit under ambient conditions.* Postharvest Biology and Technology, 52(3):294–299. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.01.003>
- Lim, T. 2012. *Edible Medicinal Plant*. 3th Vol Fruits. New York: Springer.
- Nascimento, J. R. O., Júnior, A. V., Bassinello, P. Z., Cordenunsi, B. R., Mainardi, J. A., Purgatto, E., Lajolo, F. M. 2006. *Beta-amylase expression and starch degradation during banana ripening.* Postharvest Biology and Technology, 40: 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.008>
- Nathakaranakule, A., Jaiboon, P. dan Soponronnarit, S. 2010. *Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit.* Journal of Food Engineering. Elsevier Ltd, 100(4): 662–668. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.05.016>
- Nowak, D. dan Lewicki, P. P. 2004. *Infrared drying of apple slices.* Innovative Food Science and Engineering Technologies, 5: 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.03.003>
- Nowak, D. dan Lewicki, P. P. 2005. *Quality of Infrared Dried Apple Slices.* Drying Technology. 23:831–84
- Pan, Z., Shih, C., McHugh, T. H., Hirschberg, E. 2008. *Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying.* LWT - Food Science and Technology, 41, pp. 1944–1951. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.019>
- Pan, Z., Li, X., Bingol, G., McHugh, T.H. dan Atungulu, G.G., 2009. *Development of infrared radiation heating method for sustainable tomato peeling.* Applied Engineering in Agriculture, 25(6): 935–941. <https://doi.org/10.13031/2013.29227>
- Paull, R.E., 2014. *Longkong, Duku, and Langsat: Postharvest Quality-Maintenance Guidelines.* College of Tropical Agriculture and Human Resources . University of Hawaii at Manoa [https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F\\_N-42.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-42.pdf).
- Pekke, M. A., Pan, Z. L., Atungulu, G. G., Smith, G., Thompson, J. F. 2013. *Drying characteristics and quality of bananas under infrared radiation heating.* International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6(3): 58–70. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20130603.008>
- Rachmat, R. Hadipernata, M dan Sumangat, D. 2010. *Pemanfaatan Teknologi Far Infra Red (FIR) Pada Pengeringan Rempah.* Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, 22 (1): 31–37.
- Sawai, J., Sagara, K., Kasai, S., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M., dan Kojima, H. 2000. *Far-infrared irradiation-induced injuries to Escherichia coli at below the lethal temperature.* Journal International Microbiology Biotechnology, 24, 19. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900772>
- Sawai, J., Sagara, K., Hashimoto, A., Igarashi, H., Shimizu, M. 2003. *Inactivation characteristics shown by enzymes and bacteria treated with far-infrared radiative heating.* Journal International Microbiology Biotechnology, 38(6): 661–667 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00717.x>
- Suárez-Dieguez, T., Soriano-García, M., Anaya-Sosa, I., Cruz y Victoria, M. T. 2009. *Comparative studies of two  $\alpha$ -amylases acting on two Sorghum hybrids starches (Montecillos hybrid 2 and 3) and their significant differences in their catalytic activities.* Carbohydrate Polymers, 75(3): 538–540. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.09.015>
- Thanya, T. dan Prince, M.M., 2015. *Physical, chemical and sensory qualities of Longkong ( Aglaia dookkoo Griff .) as affected by storage at different atmospheres.* Asian Journal of Food and Agro-Industry 3(01): 64–74.
- Togrul, H., 2005. *Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices.* Journal of Food Engineering. 71: 311–323 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.031>
- Venkatachalam, K. dan Meenune, M. 2012a. *Changes in physiochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation.* Food Chemistry.

- Elsevier Ltd, 131(4): 1437–1442.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.022>
- Venkatachalam, K. dan Meenune, M. 2012b. *Physical and chemical quality changes of longkong (Aglaia dookoo Griff.) During passive modified atmospheric storage.* International Food Research Journal, 19(3): 795–800.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.022>
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 1998. *Postharvest: An Introduction to The Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals.* UK: CAB International Publication.