

Penentuan Mutu Cabai Rawit Segar (*Capsicum frutescens* L.) Berdasarkan Perubahan Warna Selama Penyimpanan MAP

Determination of The Quality of Fresh Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens* L.) Based on Color Change During MAP Storage

Erni Romansyah¹, Nursigit Bintoro^{2*}, Joko Nugroho W.K², Arifin Dwi Saputro²

¹ Program Doktor, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

² Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

Email*): nursigit@ugm.ac.id

Received:
12 January 2024

Revised:
26 February 2024

Accepted:
1 March 2024

Published:
27 March 2024

DOI:
[10.29303/jrpb.v12i1.622](https://doi.org/10.29303/jrpb.v12i1.622)

ISSN 2301-8119, e-ISSN
2443-1354

Tersedia online di
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: The decline in the quality of cayenne pepper can be seen directly from the color change. The objective of this study was to classify the quality of fresh cayenne pepper based on color changes during storage. In addition, the kinetics model of color change was also established. Samples were stored in 50 μm thick polyethylene (PE) packaging at 15°C. Then, for 14 days, the $CIE L^* a^* b^*$ color was taken. Control storage without packaging at room temperature was carried out as a control. Using PCA analysis, the quality of fresh cayenne pepper could be classified. This study found a more than 99% difference between the two groups of fresh cayenne pepper. PC1 explained 85.6%, PC2 13.5%, total PC 99.1% for T15°C; and PC1 81.6%, PC2 15.7%, total PC 97.3% for the control sample. The rate of color change per day for $^{\circ}\text{Hue}$ followed second-order kinetics, while Chroma and ΔE followed zero-order kinetics of 0.0008, 0.6524, and 1.0822 C-unit $^{-1}$.hari $^{-1}$, respectively, for T15°C samples, and 0.0027; 0.8099; and 1.8231 C-unit.hari $^{-1}$ respectively for control samples.

Keywords: cayenne pepper; color; kinetics; MAP packaging; polyethylene.

Abstrak: Penurunan kualitas cabai rawit pertama kali yang dapat dilihat secara langsung adalah dari perubahan warna. Penelitian ini mengklasifikasikan kualitas cabai rawit segar berdasarkan perubahan warna selama penyimpanan. Selain itu, model kinetika perubahan warna juga dibuat. Sampel disimpan dalam kemasan Polyethylene (PE) setebal 50 μm pada suhu 15°C. Kemudian, selama 14 hari, warna $CIE L^* a^* b^*$ diambil. Penyimpanan kontrol tanpa kemasan pada suhu kamar dilakukan sebagai kontrol. Dengan menggunakan analisis PCA, kualitas cabai rawit segar dapat diklasifikasikan. Penelitian ini menemukan perbedaan lebih dari 99% antara dua kelompok cabai rawit segar. PC1 menjelaskan 85,6%, PC2 13,5%, total PC 99,1% untuk T15°C; dan PC1 81,6%, PC2 15,7%, total PC 97,3% untuk sampel kontrol. Laju perubahan warna per hari untuk $^{\circ}\text{Hue}$ mengikuti kinetika orde dua, sedangkan Chroma dan ΔE mengikuti kinetika orde nol masing-masing sebesar 0.0008, 0.6524, dan 1.0822 C-unit $^{-1}$.hari $^{-1}$ untuk sampel T15°C, dan 0.0027; 0.8099; dan 1.8231 C-unit.hari $^{-1}$ untuk sampel kontrol.

Kata kunci: cabai rawit; kemasan; kinetika; MAP; polietilen; warna

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu komoditas pertanian yang penting di Indonesia (Dessy et al., 2022). Komoditas ini memiliki cita rasa pedas dan banyak dimanfaatkan sebagai bumbu dapur. Di Indonesia, budidaya cabai rawit cukup banyak dengan produksi tahunan mencapai 1.374.217 ton, dimana sekitar 45% digunakan untuk konsumsi langsung rumah tangga (BPS, 2018).

Komoditas pertanian ini memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaannya terus meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk (Astika et al., 2022). Sejak tahun 2002 sampai 2018 konsumsi cabai rawit untuk rumah tangga cenderung meningkat (Mulianny et al., 2020). Walaupun produksinya tinggi, akan tetapi cabai rawit tidak dapat tersedia sepanjang tahun. Hal ini karena cabai rawit memiliki produksi musiman dan harga yang berfluktuasi. Pada musim panen raya pasokan melimpah, harga terendah mencapai Rp. 12.550/kg. Sedangkan saat panen berkurang terjadi kekurangan stok yang berakibat pada melonjaknya harga mencapai Rp. 113.000/kg (PIHPSN, 2023). Pada bulan Oktober 2020, cabai rawit menyumbang inflasi sebesar 8,1% (Dessy et al., 2022; Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2020).

Sementara cabai rawit sangat cepat mengalami kerusakan. Alasan inilah yang menuntut perlunya teknologi penyimpanan yang tepat untuk mempertahankan mutu dan kesegaran cabai rawit. Banyak faktor yang dapat menjadi indikator mutu cabai rawit segar, salah satu yang terpenting mencirikan kualitas cabai rawit segar adalah warna (Sulistyaningrum & Darudryyo, 2018). Perubahan warna menjadi hal yang pertama kali terlihat, yang menentukan minat konsumen untuk membeli cabai rawit segar (Malakar et al., 2020). Perubahan warna pada cabai rawit terjadi akibat proses metabolisme pada cabai. Semakin tinggi laju metabolisme maka perubahan warna cabai semakin cepat terjadi. Selain warna, aktivitas metabolisme secara langsung juga mempengaruhi berbagai sifat cabai seperti sifat fisik, kimia, dan lain sebagainya (Sulistyaningrum & Darudryyo, 2018). Oleh karena itu, dalam mengukur kualitas cabai rawit dapat juga diamati dari perubahan warna sebagai efek dari metabolisme yang terjadi.

Selama ini tidak banyak penelitian terkait upaya memperpanjang umur simpan cabai rawit segar secara MAP. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan mutu cabai rawit segar berdasarkan perubahan warna selama penyimpanan dengan metode MAP pada suhu 15°C.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan mutu cabai rawit segar berdasarkan perubahan warna selama penyimpanan dengan metode MAP pada suhu 15°C.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Fujitsu FS-AR210, 0.1 mg), impulse sealer (GSF 2300 E05, 30 cm), color meter portable (SU, 3NH SC-10), dan *showcase* untuk menyimpan sampel. Sedangkan bahan yang digunakan adalah cabai rawit segar varietas CRV 212 dengan tingkat kematangan 50-60% seperti pada Gambar 1 yang diperoleh dari petani lokal segera setelah dipetik di Kalasan Yogyakarta, dan kemasan Polyethylene (PE) dengan ketebalan 50 µm karena merupakan salah satu jenis kemasan yang direkomendasikan untuk penyimpanan metode MAP.

Metode

Salah satu teknologi yang digunakan dalam penyimpanan cabai adalah dengan metode *Modified Atmosphere Packaging* (MAP). Berdasarkan penelitian sebelumnya, metode MAP sudah terbukti dapat menghambat laju respirasi produk sehingga dapat memperpanjang umur simpan (Chitravathi et al., 2015; Hasbullah et al., 2018; Malakar et al., 2020; Mangaraj et al., 2009). Film kemasan yang umum digunakan dalam MAP ada 4 dan salah satunya adalah Polyethylene (PE) (Mangaraj et al., 2009). Penggunaan film kemasan mampu menghambat laju kehilangan air pada buah atau sayuran sehingga dapat mempertahankan kesegaran produk yang disimpan. Penyimpanan MAP jika dikombinasikan dengan suhu rendah akan lebih maksimal dalam mempertahankan kesegaran produk karena suhu rendah itu sendiri efektif menghambat laju respirasi produk segar (Imahori et al., 2021). Sehingga dalam penelitian ini digunakan suhu rendah 15°C.

Sampel dipersiapkan dengan cara menimbang 200 g cabai rawit segar, dikemas secara MAP ke dalam kemasan Polyethylene (PE) berdimensi 20 x 28 cm dengan ketebalan 50 µm kemudian ditutup (*sealed*) bagian atasnya, tidak boleh ada kebocoran sedikitpun pada seluruh bagian kemasan. Kemudian disimpan di dalam showcase pada suhu 15°C serta satu perlakuan disimpan tanpa kemasan sebagai kontrol. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan mengambil 3 buah sampel cabai rawit per kemasan seperti pada Gambar 1 kemudian diukur satu demi satu pada sampel yang sama setiap pagi hari sampai akhir proses penyimpanan. Pengukuran dilakukan pada tempat gelap untuk mengetahui perubahan visual warna agar tidak ada pembiasan cahaya dari luar dengan terhadap perubahan warna kulit dengan color meter (merk SU, 3NH SC-10) berbasis *CIE L* a* b** selama 14 hari untuk sampel yang disimpan pada suhu 15°C, dan 7 hari untuk sampel yang disimpan secara kontrol karena berdasarkan hasil penelitian pendahuluan pada hari ke 8 sampel mulai rusak dan tidak layak konsumsi sehingga pengamatan dihentikan.



Gambar 1. Sampel untuk pengukuran warna

Dari nilai *L* a* b** selanjutnya dihitung nilai *°Hue* (Persamaan 1), *chroma* (Persamaan 2), dan ΔE (Persamaan 3) dengan rumus (Devgan et al., 2019; Malakar et al., 2020; Singh et al., 2016; Souza et al., 2018):

$$\text{°Hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \times 57.3 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2} \dots\dots\dots (3)$$

Di mana:

- L** = seberapa gelap atau cerah sampel
- a** = drajat kemerahan atau kehijauan
- b** = drajat kekuningan atau kebiruan
- L*₀* = seberapa gelap atau cerah sampel hari ke 0
- a*₀* = drajat kemerahan atau kehijauan hari ke 0
- b*₀* = drajat kekuningan atau kebiruan hari ke 0

Hue = seberapa kusam atau cerah warna
 Chroma = seberapa kuat warna
 ΔE = Total perubahan warna

Analisis Data

Data hasil pengukuran yang diperoleh dianalisa dengan dua cara yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan analisa kinetika. PCA digunakan untuk menganalisis korelasi dan varians serta mengetahui pola pengelompokan mutu cabai rawit segar selama disimpan berdasarkan variable warna meliputi nilai L^* , a^* , b^* , $^{\circ}Hue$, *Chroma*, dan ΔE menggunakan aplikasi R-studio. Namun cara analisa ini tidak sampai mengetahui seberapa besar perubahan warna yang terjadi terhadap waktu. Sehingga perubahan kualitas cabai rawit segar berbasis warna dianalisa dengan menggunakan kinetika laju reaksi orde nol (persamaan 4) dan orde satu (persamaan 5) berikut (Ansari et al., 2014; Gonçalves et al., 2007; Maherawati et al., 2022; Vikram et al., 2005):

$$C = C_0 \pm k_0 \cdot t \dots\dots\dots (4)$$

$$C = \frac{C_0}{C_0 \cdot k_2 \cdot t + 1} \dots\dots\dots (5)$$

Di mana:

- C = nilai parameter pada waktu t
- C_0 = nilai awal parameter
- t = waktu penyimpanan (hari)
- k_0 = konstanta reaksi kinetika orde nol (C-unit/hari)
- k_2 = konstanta reaksi kinetika orde satu (1/C-unit.hari)

Simbol (+) dan (-) menunjukkan terjadinya peningkatan atau penurunan kualitas pada parameter yang diuji secara berturut-turut (Maherawati et al., 2022).

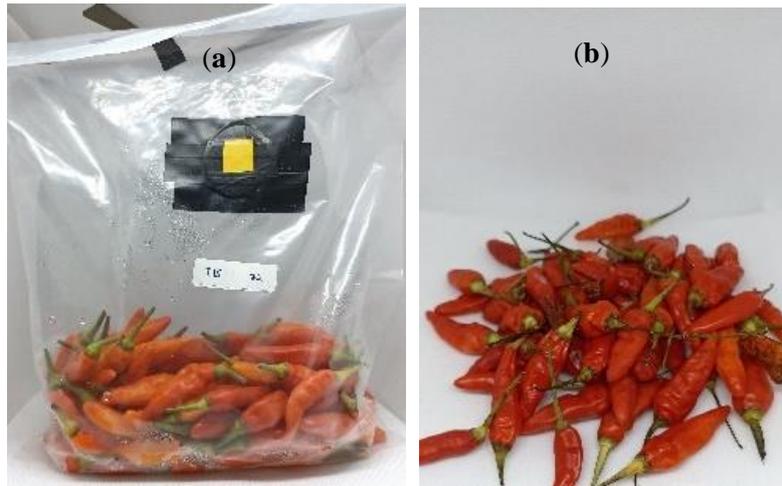
HASIL DAN PEMBAHASAN

Visual

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan dengan metode MAP pada suhu 15°C mampu mempertahankan tingkat kesegaran cabai rawit secara lebih baik yang dibuktikan dengan data nilai total perubahan warna (ΔE) yang lebih rendah selama 7 hari penyimpanan yaitu 48,06% dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu 60,30%. Semakin besar nilai perubahan warna mengindikasikan proses pematangan atau perubahan kualitas berlangsung lebih cepat. Gambar cabai rawit pada saat awal dan akhir penyimpanan ditunjukkan oleh Gambar 2 dan Gambar 3 secara berturut-turut:



Gambar 2. Penampakan fisik cabai rawit segar disimpan (a) secara MAP pada suhu 15°C, dan (b) kontrol (suhu ruang) pada kondisi awal penyimpanan



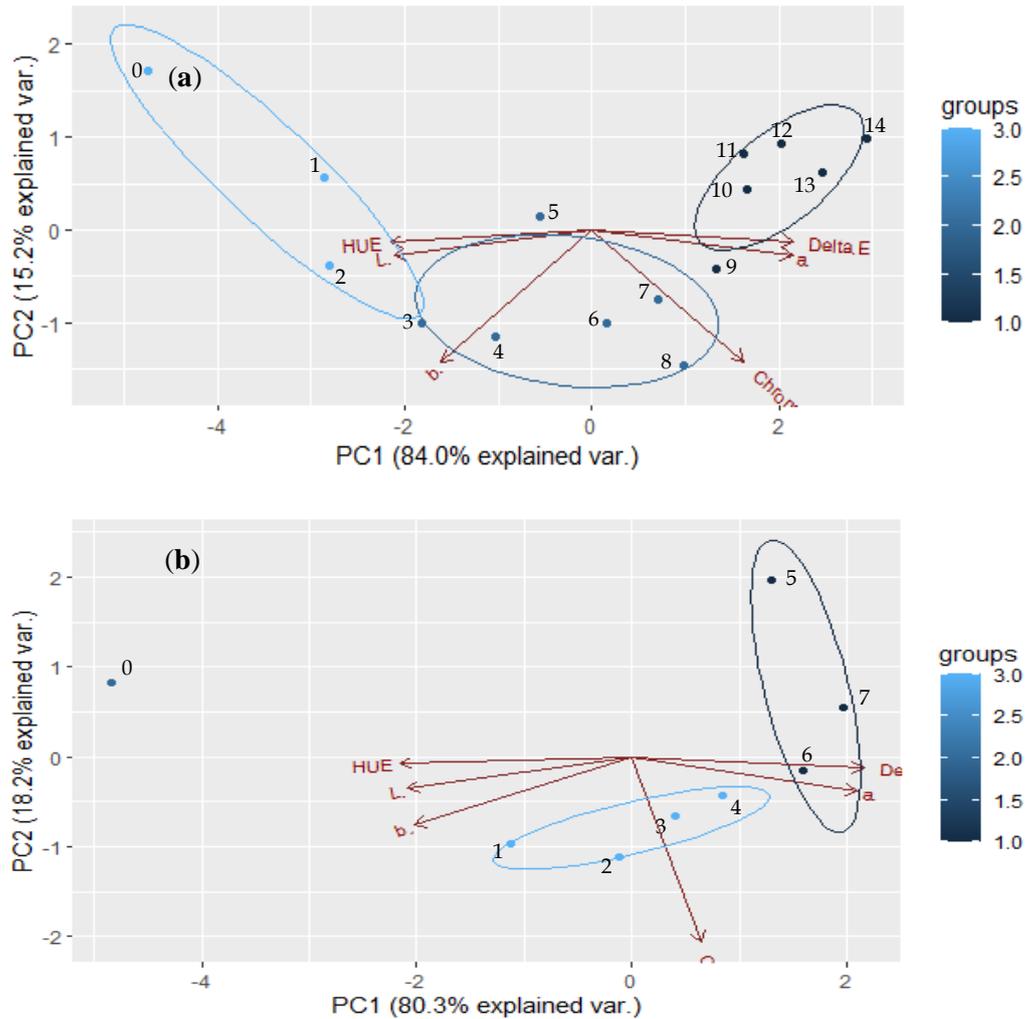
Gambar 3. Penampakan fisik cabai rawit segar disimpan (a) secara MAP pada suhu 15°C setelah 14 hari, serta (b) kontrol setelah 7 hari

Secara visual pada **Gambar 3a**, kualitas cabai rawit setelah 14 hari masih sangat baik seperti saat awal disimpan, tidak terlalu nampak perubahan warna yang terjadi, dan tampak masih segar. Sedangkan pada **Gambar 3b**, sampel yang disimpan tanpa kemasan sebagai kontrol nampak keriput, warna kusam menghitam karena akibat dari tingginya susut bobot. Dalam penelitian ini diketahui susut bobot sampel cabai rawit yang disimpan secara MAP mencapai 2,78% dan perlakuan kontrol mencapai 43,86% setelah 7 hari penyimpanan, hampir mencapai 16 kali lebih besar dari penyimpanan secara MAP. Bahkan umur simpannya tidak lama, setengah kali dari umur simpan cabai rawit yang disimpan dengan MAP pada suhu 15°C.

Hal ini karena penyimpanan pada suhu ruang untuk perlakuan kontrol menyebabkan terjadinya proses respirasi lebih cepat dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu rendah (15°C) yang memicu tingginya metabolisme cabai rawit (Fatharani et al., 2023). Tren yang sama ditunjukkan pada penelitiannya Malakar et al., (2020). Tingginya suhu penyimpanan membuat respirasi berlangsung lebih cepat dan terjadi transpirasi dari produk ke lingkungan sehingga sampel yang disimpan secara kontrol cenderung lebih cepat rusak atau berubah kualitasnya (Edusei et al., 2012).

PCA

Mutu cabai rawit segar berbasis parameter warna selama penyimpanan dalam penelitian ini berhasil dirumuskan dengan analisa PCA pada R-Studio. Ada 6 input variabel warna yang digunakan untuk analisa PCA yaitu nilai L^* , a^* , b^* , $^{\circ}Hue$, $Chroma$, dan ΔE . Analisa ini menghasilkan skor PCA dengan dua komponen utama (PC1 dan PC2). Untuk sampel cabai rawit segar yang disimpan pada suhu 15°C, dua komponen ini menjelaskan lebih dari 99% dari total varians, PC1 menjelaskan 84,00%, dan PC2 menjelaskan 15,20%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a. Sedangkan sampel cabai rawit segar yang disimpan secara konvensional, dua komponen ini menjelaskan lebih dari 98% dari total varians, PC1 menjelaskan 80,30%, dan PC2 menjelaskan 18,20%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b. Rata-rata hasil menunjukkan PC 1 lebih dominan daripada PC 2. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada penelitian Nastiti et al., (2022) yang berhasil mengelompokkan tingkat kesegaran daging ayam.



Gambar 4. PCA plot cabai rawit segar berdasarkan perubahan warna yang disimpan (a) secara MAP pada suhu 15°C, dan (b) kontrol (suhu ruang) terhadap lama waktu penyimpanan.

Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa berdasarkan degradasi warna, umur simpan atau lamanya waktu penyimpanan sampel cabai rawit menempati tiga kelompok yang berbeda untuk sampel yang disimpan secara MAP pada suhu 15°C, dan dua kelompok yang berbeda untuk sampel yang disimpan secara kontrol.

Berdasarkan hasil analisis ini, secara umum, untuk sampel yang disimpan secara MAP pada suhu 15°C, mutu cabai rawit segar dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok pengukuran 0-2 hari, 3-8 hari, dan 9-14 hari. Kelompok pertama (1-4 hari) dapat dikategorikan sebagai cabai rawit dengan mutu yang segar namun belum maksimal karena tingkat kematangan 50-60%, yang kedua kelompok (5-7 hari) dapat dikategorikan sebagai cabai rawit dengan mutu segar dan lebih maksimal, yang ketiga kelompok (9-14 hari) dapat dikategorikan sebagai cabai rawit dengan mutu menurun atau mulai terjadi kerusakan. Hal ini karena selama penyimpanan masih terjadi perombakan senyawa organik dalam produk yang membuat nutrisi dan visualnya lebih maksimal (Edusei et al., 2012).

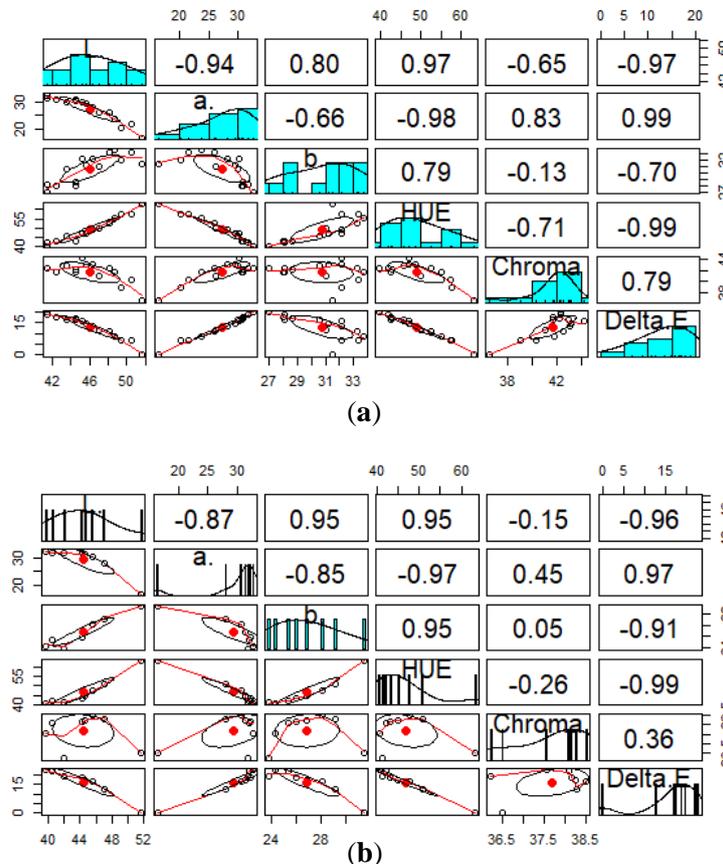
Sedangkan untuk sampel yang disimpan secara kontrol, mutu cabai rawit segar dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok pengukuran 0-4 hari dan 5-7 hari. Kelompok pertama (0-4 hari) dapat dikategorikan sebagai cabai rawit dengan mutu yang segar, yang kedua kelompok (5-7 hari) dapat dikategorikan sebagai cabai rawit dengan mutu mulai terjadi penurunan atau kerusakan.

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa analisis PCA ini dapat dengan jelas mengklasifikasikan tingkat mutu cabai rawit menjadi dua sampai tiga kelompok selama penyimpanan. Degradasi warna dari cabai rawit segar yang disimpan dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan tingkat kesegaran mutu cabai rawit.

Pada Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa korelasi positif antara a^* , $chroma$, ΔE dan waktu penyimpanan ditunjukkan oleh meningkatnya nilai a^* , $chroma$, dan ΔE selama periode waktu penyimpanan. Semakin besar nilai a^* menunjukkan bahwa warna cabai rawit semakin kuat dan total perubahan warna semakin besar. Sedangkan korelasi negative antara L^* , Hue , dan waktu penyimpanan menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan maka semakin gelap cabai rawit yang disimpan.

Rata-rata hasil menunjukkan bahwa nilai L^* dapat dipertahankan sampai hari ke 14 penyimpanan untuk sampel yang disimpan secara MAP pada $T15^{\circ}C$, dan 4 hari untuk sampel yang disimpan secara konvensional. Penyimpanan secara MAP dengan suhu $15^{\circ}C$ 3-4 kali lebih efektif mempertahankan kecerahan dibanding kontrol. Ketika proses metabolisme terus terjadi, pigmen warna menunjukkan peningkatan nilai a^* , b^* , $chroma$ dan ΔE yang mengindikasikan cabai rawit semakin matang dan warna semakin kuat. Peningkatan nilai a^* dan b^* membuat kecerahan cabai rawit semakin berkurang dengan menurunnya nilai L^* (Takahashi et al., 2018). Korelasi positif yang kuat terjadi selama waktu penyimpanan antara a^* dengan ΔE dengan nilai 0,99 untuk sampel yang disimpan pada suhu $15^{\circ}C$ (Gambar 5a); 0,97 untuk sampel yang disimpan secara kontrol (Gambar 5b).

Sebaliknya, korelasi negative yang kuat terjadi selama waktu penyimpanan antara a^* , ΔE , dengan L^* dengan nilai a^* 0,94 dan ΔE 0,97 untuk sampel yang disimpan pada suhu $15^{\circ}C$; dan a^* 0,87 dan ΔE 0,96 untuk sampel yang disimpan secara kontrol.



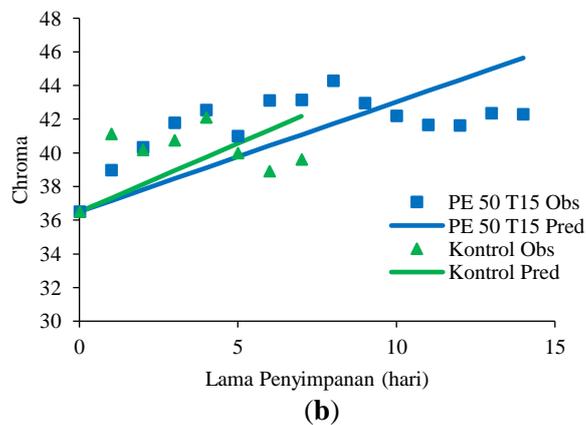
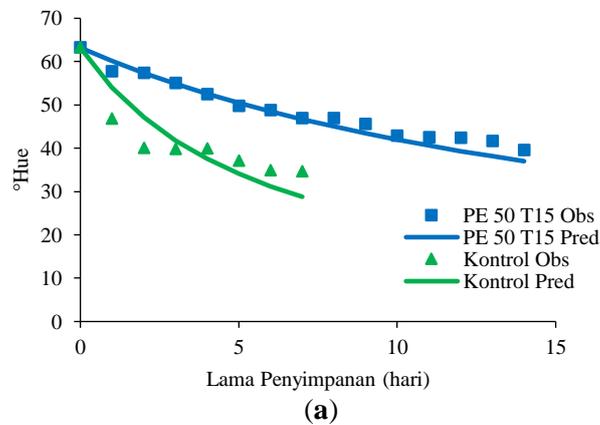
Gambar 5. Nilai korelasi antara parameter warna cabai rawit segar yang disimpan (a) secara MAP pada suhu $15^{\circ}C$, dan (b) kontrol

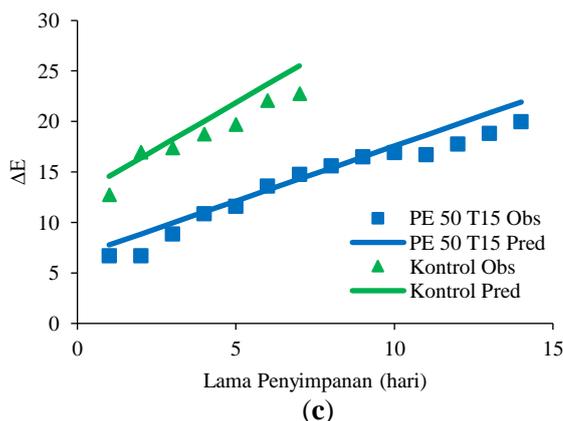
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan kecerahan cabai rawit selama waktu penyimpanan berkorelasi negative atau sejalan dengan semakin merah atau kuatnya warna permukaan cabai rawit. Parameter warna dapat menjadi indikator perubahan kualitas cabai rawit segar selama penyimpanan.

Analisis Kinetika

Selama periode penyimpanan, cabai rawit akan mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas cabai rawit segar umumnya terjadi karena proses respirasi yang terus berlangsung setelah dipanen. Respirasi mengubah senyawa kompleks di dalam produk menjadi bentuk gula dioksidasi untuk menghasilkan energi (Kirtil et al., 2016; Kontominas, 2014).

Metabolisme yang terjadi di dalam produk membuat produk tersebut berubah kandungan fisik dan kimianya, termasuk penampakan visual dari produk tersebut. Hal ini juga terjadi pada warna cabai rawit. Laju perubahan warna pada cabai rawit dijelaskan dengan persamaan kinetika reaksi orde nol dan orde dua. Tren perubahan warna cabai rawit dapat dilihat pada Gambar 5.





Gambar 6. Grafik perubahan nilai parameter warna cabai rawit segar selama penyimpanan pada suhu 5°C untuk (a) °Hue, (b) Chroma, dan (c) ΔE

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya nilai a^* dan menurunnya nilai b^* mengakibatkan penurunan nilai pada °Hue dan peningkatan nilai pada chroma dan total perubahan warna (ΔE). Perhitungan laju perubahan dilakukan dengan menerapkan persamaan kinetic orde nol dan dua.

Dari hasil perhitungan diperoleh laju perubahan warna per hari untuk °Hue mengikuti kinetika orde dua, sedangkan Chroma dan ΔE mengikuti kinetika orde nol yaitu 0,0008; 0,6524; dan 1,0882 C-unit⁻¹.hari⁻¹ masing-masing untuk sampel T15°C; dan 0,0027; 0,8099; dan 1.8231 C-unit.hari⁻¹ masing-masing untuk sampel yang disimpan secara kontrol. Kualitas warna lebih efektif dipertahankan pada kemasan MAP yang disimpan pada suhu 15°C dengan rendahnya laju perubahan harian.

Persamaan untuk memprediksi perubahan °Hue (Persamaan 6), Chroma (Persamaan 7), dan ΔE (Persamaan 8) sampel yang disimpan pada suhu 15°C adalah:

$$C_t = \frac{63,212}{63,212 \cdot 0,0008 \cdot (t+1)} \dots\dots\dots (6),$$

$$C_t = 36,507 + 0,6524 t \dots\dots\dots (7)$$

$$C_t = 3,687 + 1,0882 t \dots\dots\dots (8)$$

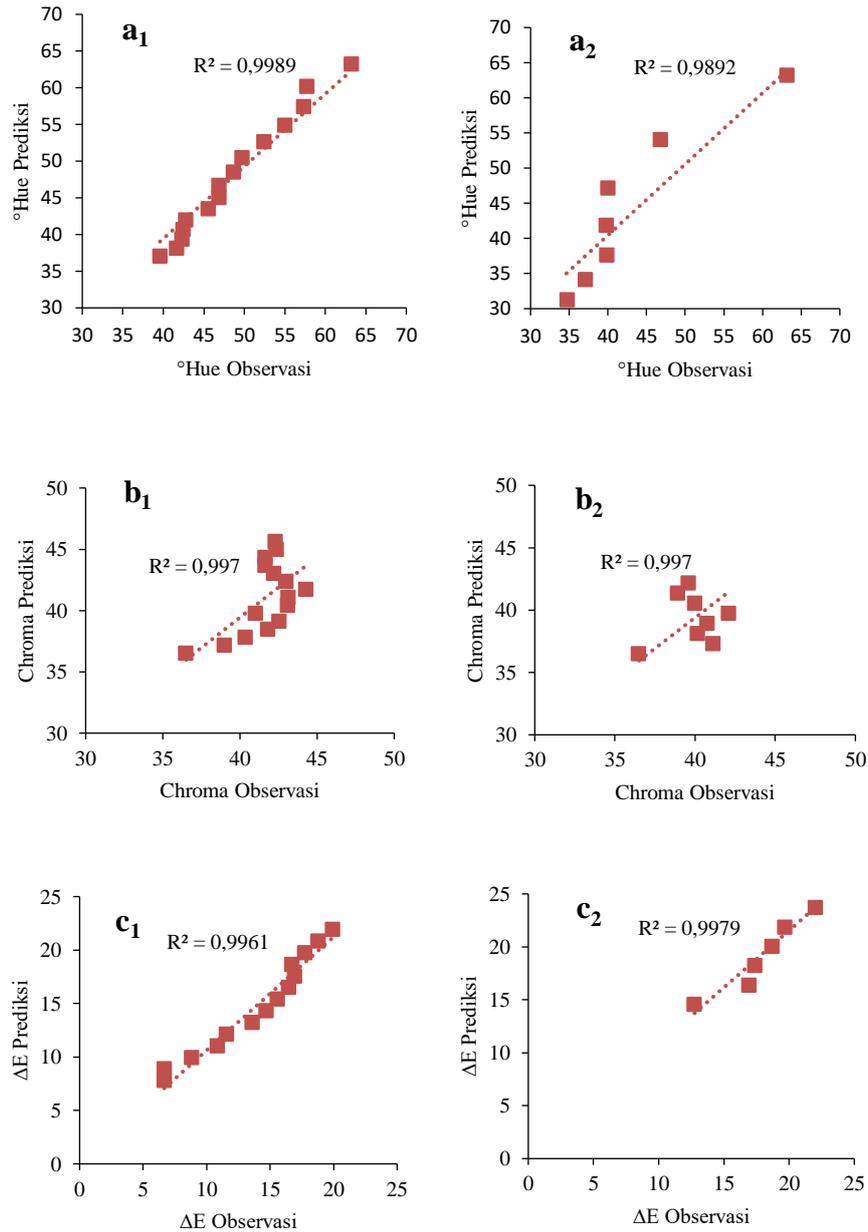
dan persamaan untuk memprediksi perubahan °Hue (Persamaan 9), Chroma (Persamaan 10), dan ΔE (Persamaan 11) sampel yang disimpan secara Konvensional adalah:

$$C_t = \frac{63,212}{63,212 \times 0,0027 \times t+1} \dots\dots\dots (9)$$

$$C_t = 36,507 + 0,8099 t \dots\dots\dots (10)$$

$$C_t = 12,745 + 1,8231 t \dots\dots\dots(11)$$

Untuk mengevaluasi persamaan yang telah dibuat, dilakukan pengujian menggunakan data observasi melalui validasi R². Semakin tinggi nilai R² maka persamaan yang dihasilkan semakin valid dan dapat mewakili kondisi nyata perubahan warna cabai rawit segar di lapangan.



Gambar 7. Grafik validasi parameter warna cabai rawit segar selama penyimpanan pada suhu 15°C untuk (a1) °Hue, (b1) Chroma, dan (c1) ΔE; serta penyimpanan secara konvensional untuk (a2) °Hue, (b2) Chroma, dan (c2) ΔE

Dari grafik validasi pada Gambar 7 rata-rata menunjukkan nilai koefisien regresi R^2 lebih besar dari 0,98. Hal ini mengindikasikan bahwa persamaan yang dihasilkan dapat memprediksi dengan baik penurunan kualitas cabai rawit selama disimpan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dengan penyimpanan dengan metode MAP pada suhu dingin dapat mempertahankan umur simpan sampai 15 hari penyimpanan dengan kualitas masih segar dan tidak terjadi kerusakan seperti yang ditampilkan pada Gambar 3a dan 3b.

KESIMPULAN

Metode penyimpanan yang digunakan mampu mempertahankan tingkat kesegaran cabai rawit selama disimpan. Analisis PCA dapat dengan jelas mengklasifikasikan tingkat mutu cabai rawit menjadi tiga kelompok untuk sampel yang disimpan secara MAP pada suhu 15°C, dan dua kelompok untuk sampel yang disimpan secara konvensional. Analisa ini menemukan perbedaan lebih dari 95% antara dua kelompok cabai rawit segar. Dari hasil

perhitungan diperoleh laju perubahan warna $^{\circ}Hue$ mengikuti kinetika orde dua, sedangkan $Chroma$ dan ΔE mengikuti kinetika orde nol yaitu 0.0008, 0.6524, dan 1.0822 C-unit $^{-1}$.hari $^{-1}$ untuk sampel yang disimpan pada suhu 15°C, dan 0.0027; 0.8099; dan 1.8231 C-unit.hari $^{-1}$ untuk sampel kontrol yang disimpan secara konvensional tanpa kemasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan finansial untuk penelitian ini melalui Program Rekognisi Tugas Akhir (RTA) - 2023 No 5075/UN1.P.II/Dit-Lit/PT.01.01/2023 dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Indonesia yang telah memberikan beasiswa kepada penulis pertama.

PENDANAAN

Penelitian ini didanai oleh Program Rekognisi Tugas Akhir (RTA) - 2023 No 5075/UN1.P.II/Dit-Lit/PT.01.01/2023, Universitas Muhammadiyah Mataram, dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP).

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun terkait dengan penerbitan artikel ini. Pemberi dana tidak memiliki peran dalam desain penelitian; dalam pengumpulan, analisis, atau interpretasi data; dalam penulisan naskah; atau dalam keputusan untuk mengumumkan hasil penelitian. Penulis menyatakan bahwa makalah ini bebas dari plagiarisme.

DAFTAR REFERENSI

- Ansari, S., Maftoon-azad, N., Hosseini, E., Farahnaky, A., Hassan ASADI, G., Author, C., & Tabi Tutulan Kuru İncirde Renk ve Doku Değişim Kinetiği ESER BİLGİSİ Araştırma Makalesi Sorumlu Yazar, R. (2014). Kinetic of Color and Texture Changes in Rehydrated Fig. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 108–122. <https://doi.org/10.15832/TBD.47774>
- Astika, N., Gusti, I., Arthanawa, N., Darmawan, I. K., Putu, D., Yana, S., Situmeang, Y. P., Dewa, I., & Sudita, N. (2022). Comparison of Applications of Various Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth and Yield of Cayenne Pepper. *Agriwar Journal*, 2(1), 28–36. <https://doi.org/10.22225/AJ.2.1.2022.28-36>
- BPS. (2018). Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Indonesia 2018. In *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Indonesia 2018*.
- Chitravathi, K., Chauhan, O. P., and Raju, P. S. (2015). Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*, 4, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.02.001>
- Dessy, V., Toiba, H., & Fahriyah, F. (2022). Market Integration Analysis of Cayenne Pepper in East Java Province. *Habitat*, 33(1), 24–32. <https://doi.org/10.21776/ub.habitat.2022.033.1.3>
- Devgan, K., Kaur, P., Kumar, N., & Kaur, A. (2019). Active modified atmosphere packaging of yellow bell pepper for retention of physico-chemical quality attributes. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 878–888. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3548-5>
- Edusei, V., Ofosu-Anim, J., Johnson, P., & Cornelius, E. (2012). Extending Postharvest Life of Green Chilli Pepper Fruits with Modified Atmosphere Packaging. *Undefined*.
- Fatharani, A., Bintoro, N., Saputro, A. D., Pertanian, J. T., Pertanian, F., Bengkulu, U., Supratman, J. W. R., & Limun Bengkulu, K. (2023). Analisis Matematis Perubahan Kualitas Kolang-kaling (*Arenga pinnata*) pada Penyimpanan Modified Atmosphere

- Packaging (MAP). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.29303/JRPB.V11I1.455>
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2007). Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *Journal of Food Engineering*, 81(4), 693–701. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.011>
- Hasbullah, R., Niam, A. G., Pujantoro, L., & Mardjan, S. (2018). Pengaruh Suhu Terhadap Permeabilitas Gas Pada Plastik Film Untuk Pengemasan Secara Atmosfir Termodifikasi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 7(3), 133. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v7i3.133-141>
- Imahori, Y., Bai, J., Ford, B. L., & Baldwin, E. A. (2021). Effect of storage temperature on chilling injury and activity of antioxidant enzymes in carambola “Arkin” fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15178. <https://doi.org/10.1111/JFPP.15178>
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2020). Analisis Perkembangan Harga Bahan Pangan Pokok di Pasar Domestik dan Internasional. In *Bakti Budaya* (Vol. 3, Issue 2). <https://doi.org/10.22146/bb.60958>
- Kirtil, E., Kilercioglu, M., & Oztop, M. H. (2016). Modified Atmosphere Packaging of Foods. In *Reference Module in Food Science* (pp. 1–6). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03218-2>
- Kontominas, M. G. (2014). Packaging: Modified Atmosphere Packaging of Foods. In *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition* (Second Edi, Vol. 2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00432-8>
- Maherawati, Rahayuni, T., & Hartanti, L. (2022). Perubahan Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Pacri Nanas Kaleng Selama Penyimpanan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 10(2), 184–192. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v10i2.391>
- Malakar, S., Kumar, N., Sarkar, S., & Mohan, R. J. (2020). Influence of Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life and Postharvest Quality Attributes of King Chili (*Capsicum chinense* Jacq.) during Storage. *Journal of Biosystems Engineering*, 45(4), 213–222. <https://doi.org/10.1007/s42853-020-00057-8>
- Mangaraj, S., Goswami, T. K., & Mahajan, P. V. (2009). Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 1(2), 133–158. <https://doi.org/10.1007/s12393-009-9007-3>
- Muliany, H., S, R., & Santoso, P. B. . (2020). *Newsletter Pusdatin*. 17(10), 1–12.
- Nastiti, P., Bintoro, N., Karyadi, J., Rahayoe, S., & Nugroho, D. (2022). Classification of Freshness Levels and Prediction of Changes in Evolution of NH₃ and H₂S Gases from Chicken Meat during Storage at Room Temperature. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 11(1), 90. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v11i1.90-98>
- PIHPSN. (2023). *PIHPS Nasional*. <https://hargapangan.id/>
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review. *Food Chemistry*, 206, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.033>
- Souza, L. P. de, Faroni, L. R. D. A., Heleno, F. F., Cecon, P. R., Gonçalves, T. D. C., Silva, G. J. da, & Prates, L. H. F. (2018). Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality. *LWT - Food Science and Technology*, 90(December 2017), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.057>
- Sulistyaningrum, A., & Darudryo, D. (2018). Decreasing of Cayenne Pepper Quality During Storage in Room Temperature. *JURNAL AGRONIDA*, 4(2). <https://doi.org/10.30997/JAG.V4I2.1566>
- Takahashi, M., Arakaki, M., Yonamine, K., Hashimoto, F., Takara, K., & Wada, K. (2018).

Influence of Fruit Ripening on Color, Organic Acid Contents, Capsaicinoids, Aroma Compounds, and Antioxidant Capacity of Shimatogarashi (*Capsicum frutescens*). *J. Oleo Sci*, 67(1), 113–123. <https://doi.org/10.5650/jos.ess17156>

Vikram, V. B., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69(1), 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.013>