

Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap parameter warna pada *lettuce* segar (*Lactuca sativa* L.)

The effect of temperature and storage time on color parameters fresh lettuce (Lactuca sativa L.)

Lenny Amelia HK

Fakultas Pertanian, Universitas Ma'soem, Jl. Cipacing No. 22 Sumedang 45363 Indonesia

Korespondensi :
lennyamelia.hk@gmail.com

Submit:
06 Juni 2024

Direvisi:
02 Agustus 2024

Diterima:
15 Agustus 2024

Abstract. *Lettuce (Lactuca sativa L.) is a perishable vegetable that requires proper handling and storage to maintain its quality. This study aims to determine the effect of temperature and storage duration on color changes in lettuce. The research was conducted using a 4 x 3 factorial design with 2 replications in a randomized complete block design (RCBD). The treatment combinations included storage temperatures of 2°C, 10°C, and 27°C, and storage durations of 0 days, 2 days, 4 days, and 6 days. Color measurements were performed using a CR-400 chromameter with CIE technique. The results indicated that the lettuce sample stored at 2°C for 4 days (Sample 13s1) had the best color quality. The brightness parameter (L) showed good green brightness, the red-green parameter (a) indicated higher freshness, the yellow-blue parameter (b) displayed a good level of yellowness, and the total color change (ΔE) showed very little color change with a value of 16.070. This condition indicates that 2°C for 4 days is the optimal storage condition for maintaining lettuce color quality.*

Keywords: *Brightness, chromameter, lettuce storage, temperature*

Abstrak. *Lettuce (Lactuca sativa L.) merupakan sayuran yang mudah rusak dan membutuhkan penanganan serta penyimpanan yang tepat untuk menjaga kualitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap perubahan warna lettuce. Penelitian dilakukan dengan pola faktorial 4 x 3 dan 2 ulangan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Kombinasi perlakuan meliputi suhu penyimpanan 2°C, 10°C, dan 27°C serta lama penyimpanan 0 hari, 2 hari, 4 hari, dan 6 hari. Pengukuran warna dilakukan menggunakan cromameter CR-400 dengan teknik CIE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel lettuce yang disimpan pada suhu 2°C selama 4 hari (Sampel 13s1) memiliki kualitas warna terbaik. Parameter kecerahan (L) menunjukkan kecerahan hijau yang baik, parameter warna merah-hijau (a) menunjukkan kesegaran yang lebih tinggi, parameter warna kuning-biru (b) menunjukkan tingkat kekuningan yang baik, dan perubahan warna total (ΔE) menunjukkan perubahan warna yang sangat sedikit dengan nilai 16,070. Kondisi ini menunjukkan bahwa suhu 2°C selama 4 hari adalah penyimpanan optimal untuk mempertahankan kualitas warna lettuce.*

Kata-kata kunci : *Cromameter, kecerahan, penyimpanan lettuce, suhu*

PENDAHULUAN

Lettuce (Lactuca sativa L.) adalah salah satu jenis sayuran daun yang sangat populer dan sering digunakan dalam berbagai hidangan karena memberikan warna, kerenyahan, dan aroma.

Sebagai tanaman tahunan, *lettuce* dapat tumbuh baik di lingkungan dataran rendah maupun tinggi, dan berkembang subur dalam kondisi basah dan dingin. Kandungan mineralnya yang relatif tinggi membuat *lettuce* mentah sering kali aman dikonsumsi (Sunarjono, 2014).

Lettuce menawarkan banyak manfaat kesehatan, termasuk pengaturan berat badan, pemulihan jaringan, nutrisi selama kehamilan dan menyusui, pencegahan kanker, meredakan sakit kepala, mencegah cacat lahir, melawan insomnia, dan mengatasi rambut rontok. *Lettuce* juga kaya akan vitamin K, vitamin A, dan vitamin C serta antioksidan, sambil memiliki kalori yang rendah dibandingkan dengan sayuran lainnya (Sunarjono, 2014).

Namun, *lettuce* sebagai produk tanaman mudah terpengaruh oleh perubahan suhu dan waktu penyimpanan. Buah-buahan dan produk tanaman lainnya, termasuk *lettuce*, akan mengalami perubahan jika dibiarkan matang di lingkungan yang tidak terkontrol dengan baik. Fluktuasi suhu dapat mempengaruhi proses metabolisme tanaman dan menyebabkan stres fisiologis yang tidak selalu terlihat secara kasat mata. Ini dapat memperlambat atau mempercepat reaksi unsur tanaman, meskipun tampak matang dengan baik. Karena stres fisiologis tidak terlihat secara nyata, buah atau produk tanaman tampak matang dengan baik meskipun terjadi perubahan metabolisme (Biale, 2014).

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) memiliki tekstur yang rapuh setelah dipanen, sehingga dianggap sebagai bahan pangan yang mudah rusak atau sangat mudah rusak. Hal ini terjadi ketika tanaman tidak lagi terhubung dengan tanaman induk atau media tanam, sehingga tanaman tidak mampu mempertahankan atau menggunakan unsur hara sebagai energi. Tanaman yang telah dipanen kehilangan akses ke sumber energi utama, yaitu unsur hara yang biasanya diambil dari tanah dan sistem perakaran. Unsur hara ini penting untuk mempertahankan kondisi sel dan jaringan tanaman. Tanpa pasokan ini, *lettuce* mulai mengalami degradasi secara alami. Hal ini merupakan pemborosan karena bahan tersebut sudah tidak dapat digunakan lagi karena rusak atau rusak (Pranowo, 2012).

Tujuan penyimpanan pangan dan pakan adalah untuk menjaga kualitas dan kuantitasnya untuk dikonsumsi nanti dengan memperpanjang umur simpannya. Berkurangnya respirasi dan aktivitas metabolisme lainnya, penuaan akibat pelunakan dan pemasakan, perubahan tekstur dan warna, kehilangan air dan layu, serta kerusakan akibat mikroba (bakteri, kapang, dan khamir) menjadi alasan mengapa komoditas sayuran yang mudah rusak harus disimpan pada suhu rendah. (Fendriansyah dkk, 2014).

Warna adalah salah satu indikator kualitas dan kesegaran pada sayuran daun seperti *lettuce*, kubis, dan brokoli. Sayuran ini biasanya memiliki warna hijau yang stabil saat dalam kondisi segar. Namun, jika sayuran tersebut kehilangan air, warna hijau dapat memudar dan tanaman dapat mengalami kelayuan dengan cepat. Untuk menjaga kestabilan warna dan kesegaran sayuran, penyimpanan pada suhu rendah sangat penting. Suhu rendah membantu mengurangi laju respirasi dan kehilangan air, mempertahankan warna dan kualitas sayuran lebih lama. Suhu rendah memperlambat proses respirasi tanaman. Respirasi adalah proses biologis di mana tanaman mengubah karbohidrat menjadi energi, dan ini dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kesegaran tanaman. Dengan menurunkan suhu, laju respirasi berkurang, sehingga energi dari karbohidrat lebih lama bertahan dan kualitas sayuran lebih terjaga. Suhu rendah dapat mengurangi kehilangan air dari sayuran. Air adalah komponen penting dalam menjaga turgor sel dan warna yang segar. Kehilangan air menyebabkan daun menjadi layu dan warna hijau bisa memudar. Dengan menyimpan sayuran pada suhu rendah, penguapan air dari permukaan sayuran dapat diminimalisir. Selain itu, Suhu rendah membantu memperlambat pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan pembusukan dan perubahan warna pada sayuran. Ini penting untuk mencegah kerusakan lebih lanjut selama penyimpanan. Dengan penerapan metode penyimpanan pada suhu rendah yang tepat, kualitas kesegaran dan kestabilan warna hijau *lettuce* dapat bertahan lebih lama (Priyanto, 2018).

Suhu sebagai salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi penurunan kualitas sayuran, perlu dikendalikan agar dapat membantu daya simpan yang lebih besar. Beberapa keuntungan penyimpanan pada suhu rendah antara lain menghambat respirasi, menghambat

proses penuaan, mengurangi kehilangan air/kelayuan dan mengurangi kerusakan oleh mikroorganisme. Semakin lamanya penyimpanan di beberapa suhu penyimpanan, *lettuce* yang disimpan pada suhu rendah 2°C dan 10°C memiliki keadaan relatif masih baik dibandingkan dengan penyimpanan *lettuce* yang dikemas dengan menggunakan kemasan plastik Polivinil Klorida (PVC) pada suhu kamar (27°C) hanya tahan sampai 4 hari (Biale, 2014).

Dalam penelitian ini, fokus peneliti adalah mengukur bagaimana suhu dan lama penyimpanan mempengaruhi warna *lettuce*. Untuk melakukan pengukuran warna, digunakan dua sistem utama yaitu sistem *Hunter* dan sistem *Munsell*. Kedua sistem ini memiliki pendekatan berbeda dalam mendeskripsikan warna, namun sering kali hasil dari salah satu sistem dapat dikaitkan dengan hasil sistem lainnya. Sistem *Hunter* adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk mengukur warna makanan, termasuk *lettuce*. Dalam sistem *Hunter*, warna diukur berdasarkan tiga parameter diantaranya yaitu L*: Kecerahan atau intensitas cahaya dari warna. Nilai ini menunjukkan seberapa terang atau gelap suatu warna, a*: Komponen warna merah-hijau. Nilai positif menunjukkan warna merah, sedangkan nilai negatif menunjukkan warna hijau, dan b*: Komponen warna kuning-biru. Nilai positif menunjukkan warna kuning, sedangkan nilai negatif menunjukkan warna biru.

Saat sistem *Hunter* digunakan, peneliti dapat mengukur kecerahan dan intensitas warna *lettuce* serta perubahan warna dari waktu ke waktu. Sedangkan sistem *Munsell* adalah metode lain yang digunakan untuk mendeskripsikan warna. Sistem ini mengelompokkan warna berdasarkan tiga parameter utama yaitu *Hue* (H): Jenis warna, seperti merah, kuning, hijau, atau biru, *Value* (V): Kecerahan warna dari gelap ke terang, dan *Chroma* (C): Intensitas atau kejenuhan warna. Pada sistem *Munsell*, warna dikategorikan dalam kelompok seperti R (Merah), Y (Kuning), G (Hijau), B (Biru), P (Ungu), serta kombinasi seperti YR (Kuning-Merah) atau BG (Biru-Hijau).

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan parameter dari sistem *Hunter* untuk mengukur warna *lettuce* secara kuantitatif. Parameter yang diamati meliputi: *Kecerahan *lettuce* (L)**: mengukur seberapa terang atau gelap *lettuce*, *Warna hijau *lettuce* (a)**: mengukur intensitas warna hijau pada *lettuce*, *Perubahan warna hijau *lettuce* (Δa)**: mengukur perubahan dalam intensitas warna hijau selama penyimpanan, *Warna kuning *lettuce* (b)**: mengukur intensitas warna kuning pada *lettuce*, dan *Perubahan warna kuning *lettuce* (Δab)**: mengukur perubahan dalam intensitas warna kuning selama penyimpanan.

Saat sistem *Hunter* digunakan untuk pengukuran warna, penelitian ini dapat memberikan informasi yang detail tentang bagaimana suhu dan lama penyimpanan mempengaruhi warna *lettuce*. Sistem *Hunter* memungkinkan pengukuran yang akurat dan kuantitatif, sementara sistem *Munsell* memberikan konteks tambahan dalam mendeskripsikan warna secara umum (Ryall, 2011).

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Lettuce yang digunakan dalam penelitian adalah *head lettuce* varietas *summer gold* dan *romaine lettuce* varietas *longifolia* yang berumur 45 hari dari waktu penanaman. Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya pisau dapur, talenan, *coolbox*, plastik PE, dan *cromameter*.

Metode Penelitian

Prosedurnya menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan, masing-masing dua kali ulangan, untuk waktu penyimpanan dan suhu.

Tabel 1. Perlakuan suhu dan lama penyimpanan *lettuce*

Lama penyimpanan (l)	Suhu penyimpanan (s)	Kelompok ulangan		Total	Rata-rata
		I	II		
0 Hari (11)	2°C	11s1	11s1	$\Sigma 11$	$\Sigma 11/n$
	10°C	11s2	11s2		
	27°C	11s3	11s3		
2 Hari (12)	2°C	12s1	12s1	$\Sigma 12$	$\Sigma 12/n$
	10°C	12s2	12s2		
	27°C	12s3	12s3		
4 Hari (13)	2°C	13s1	13s1	$\Sigma 13$	$\Sigma 13/n$
	10°C	13s2	13s2		
	27°C	13s3	13s3		
6 Hari (14)	2°C	13s1	13s1	$\Sigma 14$	$\Sigma 14/n$
	10°C	13s2	13s2		
	27°C	13s3	13s3		

Sumber: (Gaspersz, 2006).

ANOVA digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dari berbagai perlakuan atau kondisi yang diterapkan pada *lettuce*. Jika ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan, langkah berikutnya adalah melakukan uji lanjut untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda secara signifikan. Uji ini membantu mengidentifikasi perlakuan spesifik yang menyebabkan perbedaan dalam warna *lettuce*.

Rancangan Respon

Rancangan penelitian ini mencakup analisis fisik terhadap warna *lettuce* untuk menilai kestabilan dan kemurnian warna hijau pada *lettuce* yang masih segar. Pengukuran dilakukan menggunakan alat chromameter dengan metode *CIE Hunter Lab*. Untuk mengevaluasi pengaruh dari setiap perlakuan, data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan kestabilan dan kemurnian warna hijau dari *lettuce*. Jika ditemukan perbedaan signifikan, uji lanjut dilakukan untuk mengetahui dampak dari masing-masing perlakuan terhadap warna *lettuce*.

Deskripsi Percobaan

Lettuce yang telah dipanen dan dipotong dari bongkolnya. Sortasi ini dilakukan untuk membuang daun-daun dan rusak dan adanya warna coklat akibat gesekan dan proses kimia *browning enzimatis*, sehingga penampakan dari *lettuce* tersebut tampak lebih baik dan seragam. Kemudian dilakukan pencucian di dalam aliran air sehingga kotoran-kotoran yang menempel pada *lettuce* dari tanah dan debu dapat hilang sehingga diperoleh *lettuce* yang bersih dan tampak segar. Selanjutnya dilakukan penirisan dalam keranjang dengan tujuan supaya air bekas pencucian habis, sehingga tidak akan terlalu banyak bercampur dengan bahan lain pada perlakuan selanjutnya. Sebanyak 50 gram *lettuce* dirajang secara perlahan. Perajangan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan memicu keluarnya senyawa-senyawa fenol yang ada dalam *lettuce*. Selanjutnya dilakukan proses pengemasan supaya *lettuce* terlindungi dari mikroorganisme lain yang mungkin ada ditempat penyimpanan atau dari udara sehingga *lettuce* yang mudah rusak dapat tersimpan baik selama penyimpanan. *Lettuce* dikemas dengan menggunakan plastik polietilen kemudian dilakukan penyimpanan dalam lemari pendingin dengan suhu 2°C (s1), 10°C (s2), dan 27 °C (s3) selama 6 hari. Setiap 2 hari sekali dilakukan pengamatan (0 hari (11), 2 hari (12), 4 hari (13), dan 6 hari (14)).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter kecerahan L

Hasil penetapan warna menggunakan *Chromameter* CR-400 dengan metode *CIE-Lab*. Hasil pengamatan warna *lettuce* segar sebagai standar :

Tabel 2. Warna *lettuce* standar

Parameter warna	Nilai
L*	58,15
a*	-11,19
b*	17,21
ΔL	-0,46
Δa	-13,36
Δb	17,32
ΔE	21,80

Lettuce yang digunakan adalah *lettuce* yang berumur 45 hari penanaman. Pada usia 45 hari, *lettuce* umumnya mencapai kematangan optimal untuk konsumsi, di mana kualitas warna dan tekstur daun berada dalam kondisi terbaik. Pada usia ini, *lettuce* sudah cukup berkembang dan menunjukkan warna hijau yang stabil dan kemurnian yang baik. *Lettuce* yang berusia 45 hari sudah berkembang dengan baik sehingga memberikan variasi warna yang dapat dianalisis. Ini membantu dalam mengevaluasi efek perlakuan terhadap perubahan warna yang mungkin terjadi selama penyimpanan. Daun *lettuce* diambil dari tiga titik berbeda pada setiap kepala *lettuce* untuk mendapatkan data yang representatif (Arihara *et al.*, 2012).

Tabel 3. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap parameter kecerahan (L)

Suhu penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
s1	49,665	a
s2	45,521	b
s3	33,893	c

Keterangan : Nilai Rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut Uji Lanjut Duncan Pada Taraf Nyata 5%.

Tabel di atas menunjukkan bahwa parameter kecerahan *lettuce* pada setiap suhu penyimpanan (s1, s2, s3) berbeda nyata. Perlakuan suhu yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan suhu dingin dapat memperlambat penurunan tingkat kecerahan. Suhu penyimpanan s1 memiliki tingkat kecerahan yang paling tinggi yaitu 49,665 dan suhu penyimpanan s3 memiliki tingkat kecerahan yang paling rendah yaitu 33,893. Semakin tinggi nilai L* pada *lettuce* berarti *lettuce* memiliki warna hijau yang cerah. Namun, semakin rendah nilai L* pada *lettuce* berarti *lettuce* memiliki warna hijau yang tidak cerah atau gelap. Perlakuan dengan suhu rendah dapat mempertahankan kecerahan warna hijau pada *lettuce* dan mengurangi penyerapan oksigen oleh *lettuce*, sehingga warna hijau pada *lettuce* lebih stabil. Semakin rendah suhu penyimpanan maka tingkat kecerahan semakin tinggi.

Tabel 4. Pengaruh lama penyimpanan (hari) terhadap parameter kecerahan (L)

Lama penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
11(0 hari)	52,400	d
12(2 hari)	44,245	c
13(4 hari)	39,073	b
14(6 hari)	36,387	a

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Semua perlakuan waktu penyimpanan sangat bervariasi, seperti terlihat pada tabel di atas. Karena kesegaran dan tekstur selada yang luar biasa, parameter kecerahan memiliki nilai tinggi pada penyimpanan 0 hari, yang menunjukkan warna hijau cemerlang. Penyimpanan hari ke-6 memiliki nilai yang paling rendah yang berarti memiliki warna hijau yang kusam/gelap. Kondisi tekstur daun *lettuce* tidak renyah mengkerut, sehingga warna hijau menurun.

Semakin lama waktu penyimpanan *lettuce*, maka tingkat kecerahan warna hijaunya akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena *lettuce* mengalami laju respirasi selama penyimpanan dengan menyerap oksigen sehingga kecerahannya menurun (Arihara *et al.*, 2012).

Perubahan yang mencolok pada hasil pertanian yang disimpan adalah berkurangnya atau menghilangnya warna hijau. Pemecahan klorofil terjadi bersamaan dengan sintesa pigmen atau menghilangnya warna hijau. Pemecahan klorofil terjadi bersamaan dengan sintesa pigmen-pigmen lain. Metabolisme klorofil dalam sayuran sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti cahaya, oksigen, suhu, dan kelembaban. Klorofil adalah pigmen hijau yang memberi warna pada sayuran dan memainkan peran penting dalam proses fotosintesis. Namun, klorofil itu sendiri tidak menyebabkan kehilangan warna hijau. Sebaliknya, kehilangan warna hijau pada sayuran sering terjadi karena degradasi klorofil yang dipicu oleh kondisi lingkungan yang tidak ideal. Ketika sayuran disimpan atau terpapar pada kondisi yang kurang baik, seperti suhu yang terlalu tinggi, kelembaban rendah, atau paparan cahaya yang berlebihan klorofil dalam sayuran dapat terdegradasi atau rusak. Proses ini mengakibatkan perubahan warna dari hijau cerah menjadi warna kuning atau coklat, serta kehilangan tekstur yang menarik. Hal ini terjadi karena klorofil adalah bahan kimia yang tidak stabil dan dapat cepat terurai dalam kondisi tertentu (Kays, 2011).

Parameter Warna a

Pada sistem CIE *Hunter Lab*, parameter a mengukur komponen warna merah-hijau. Nilai negatif pada parameter a menunjukkan bahwa warna sampel cenderung lebih hijau, sedangkan nilai positif menunjukkan lebih banyak warna merah.

Tabel 5. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap parameter warna a

Suhu penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
s1 (2°C)	-8,085	a
s2 (10°C)	-12,121	b
s3 (27°C)	-12,443	c

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Setelah penyimpanan selama 6 hari, terdapat variasi signifikan dalam parameter warna *lettuce* berdasarkan perlakuan suhu s1, s2 dan s3. Pada setiap perlakuan suhu penyimpanan, nilai parameter a menunjukkan angka negatif, yang mengindikasikan bahwa warna *lettuce* pada sampel lebih hijau dibandingkan dengan standar referensi. Nilai negatif pada parameter a mencerminkan intensitas warna hijau yang lebih tinggi, sedangkan nilai positif akan menunjukkan warna merah. Oleh karena itu, semua sampel *lettuce* tetap menunjukkan warna hijau yang lebih dominan setelah 6 hari penyimpanan pada berbagai suhu perlakuan dengan suhu dingin dapat menekan degradasi klorofil sehingga mempengaruhi perubahan warna hijau pada *lettuce*, karena dapat mengurangi penyerapan oksigen oleh *lettuce*. Dengan demikian, warna hijau pada *lettuce* tahan lebih lama dan tidak cepat mengalami penurunan. Kehilangan kadar air, degradasi klorofil dan laju respirasi selama penyimpanan tentunya akan merubah warna *lettuce*, tetapi hal tersebut dipengaruhi oleh suhu dan oksigen dalam kemasan. Kemasan dapat mengurangi kehilangan air apalagi jika suhunya diatur sesuai dengan komoditi yang dikemas, dengan demikian dapat mencegah terjadinya dehidrasi terutama bila digunakan bahan kedap air (Kays, 2011).

Perlakuan suhu rendah terutama pada suhu 2°C (s1) pada suhu 10°C (s2) memiliki warna hijau yang lebih baik dari warna standar. Namun warna hijaunya tidak terlalu mengesankan saat suhu 27°C (s3). Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa rona hijau *lettuce* dapat memburuk karena perlakuan suhu

tinggi, yang memungkinkan penyerapan oksigen lebih cepat dan perubahan warna hijau *lettuce* (Winneke, 2017).

Tabel 6. Pengaruh lama penyimpanan terhadap parameter warna a

Lama penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
11(0 hari)	-12,670	d
12(2 hari)	-11,697	c
13(4 hari)	-9,817	b
14(6 hari)	-9,348	a

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Tabel di atas menunjukkan bahwa semua perlakuan lama penyimpanan berbeda nyata. Semua perlakuan memiliki nilai yang bernilai negatif yang berarti sampel memiliki warna yang lebih hijau daripada standar. Parameter warna a pada penyimpanan hari ke-2(12) memiliki warna lebih hijau daripada standar, hal ini disebabkan karena kondisi daun *lettuce* masih segar dan teksturnya masih dalam keadaan baik. Penyimpanan hari ke-6 memiliki warna yang kurang hijau daripada standar. Perlakuan lama penyimpanan hari ke-2 (12) memiliki warna yang lebih hijau daripada warna standar. Namun, pada lama penyimpanan hari ke-6 (14) warna hijau semakin menurun. Dengan demikian, semakin lama waktu penyimpanan semakin menurun dan pudar warna hijau pada *lettuce*. Tabel diatas menunjukkan warna *lettuce* pada hari ke-0 sebagai standar perbandingan. Dengan kata lain, perbedaan warna dibandingkan dengan standar (hari ke-0) dicatat untuk menunjukkan seberapa banyak warna hijau telah menurun setelah 6 hari penyimpanan.

Tabel 7. Pengaruh interaksi suhu dan lama penyimpanan terhadap parameter warna a

Faktor 1	Faktor s					
	s1		s2		s3	
11	13,255	c	13,010	b	11,745	a
	B		B		D	
12	13,145	b	12,835	b	9,110	a
	B		B		C	
13	11,880	b	11,410	b	6,160	a
	A		A		B	
14	11,490	b	11,230	b	5,325	a
	A		A		A	

Keterangan : Huruf besar yang berbeda (vertikal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%. Huruf kecil yang berbeda (horizontal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Pada kisaran suhu 2°C, perlakuan 11 s1 (hari pertama penyimpanan pada suhu 2°C) dan 12 s1 (hari kedua penyimpanan pada suhu tersebut 2°C) berbeda jauh dengan perlakuan 13 s1 (hari keempat penyimpanan pada suhu 2°C) dan 14 s1 (hari keenam penyimpanan pada suhu 2°C), seperti terlihat pada tabel di atas. Selain itu, pada suhu 10°C, perlakuan 11s2 (penyimpanan hari pertama) dan 12 s2 (penyimpanan hari kedua) sangat berbeda dengan perlakuan 13 s2 (penyimpanan hari keempat) dan 14s2 (penyimpanan hari keempat). -10 °C, dengan derajat -6. Meskipun demikian, lama penyimpanan masing-masing perlakuan cukup bervariasi yaitu pada suhu 27°C.

Lettuce dapat mempertahankan warna hijau aslinya lebih lama jika disimpan pada suhu dingin. Sebaliknya, semakin lama waktu penyimpanan dan semakin tinggi suhu, semakin sedikit warna hijau yang tersisa. Di antara perlakuan yang diuji, perlakuan dengan suhu tinggi (27°C) selama 6 hari (perlakuan 14s3) memperoleh nilai parameter warna a terendah (5,325), menunjukkan warna hijau yang paling pudar. Sebaliknya, perlakuan dengan suhu rendah (2°C) dan penyimpanan 0 hari (perlakuan 11s1) memperoleh nilai parameter warna a tertinggi (13,255), menunjukkan warna hijau

yang paling kuat. Hasil pengukuran parameter warna a menunjukkan bahwa warna hijau pada *lettuce* menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Pada suhu 2°C, 10°C, dan 27°C, warna hijau *lettuce* semakin berkurang setelah 0, 2, 4, dan 6 hari penyimpanan. Suhu dingin dapat mempertahankan warna hijau *lettuce* lebih baik, sedangkan suhu tinggi menyebabkan warna hijau cepat menurun dan berubah menjadi merah atau kecoklatan, mendekati fase kelayuan. Oleh karena itu, penyimpanan pada suhu dingin (2°C dan 10°C) adalah yang paling baik untuk menjaga kestabilan warna hijau *lettuce*.

Parameter Warna b

Tabel 8. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap parameter warna b

Suhu penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
s1	16,313	a
s2	14,463	b
s3	10,864	c

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Perlakuan suhu rendah terutama pada suhu 2°C pada suhu 10°C memiliki warna kuning yang lebih baik dari warna standar. Namun, pada suhu 27°C warna kuning yang dimiliki tidak lebih baik. Hal ini disebabkan karena perlakuan suhu yang tinggi dapat menyebabkan warna hijau pada *lettuce* terdegradasi, sehingga penyerapan oksigen oleh *lettuce* lebih cepat dan warna kuning pada *lettuce* berubah menjadi lebih gelap dan hampir mendekati warna coklat.

Setelah enam hari penyimpanan, parameter warna b pada selada mengalami perubahan yang nyata tergantung pada perlakuan suhu penyimpanan, seperti terlihat pada tabel di atas. Nilai b memiliki nilai positif yang menandakan bahwa sampel berwarna lebih kuning daripada standar. Penyimpanan dengan suhu dan lama penyimpanan yang bervariasi dapat merubah zat hijau daun (klorofil) pada *lettuce* karena terdegradasi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi suhu dan lama penyimpanan seperti kelembaban udara, penyerapan oksigen respirasi dan permeabilitas serta kejernihan plastik yang digunakan.

Tabel 9. Pengaruh lama penyimpanan terhadap parameter warna b

Lama Penyimpanan	Nilai Rata-Rata	Taraf Nyata
11	19,627	d
12	15,262	c
13	12,038	b
14	8,592	a

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Tabel di atas menunjukkan bahwa semua perlakuan lama penyimpanan berbeda nyata. Semua perlakuan memiliki nilai b yang positif yang berarti sampel memiliki warna yang lebih kuning daripada standar. Parameter warna b pada penyimpanan hari ke-0 memiliki warna lebih kuning daripada standar, hal ini disebabkan karena kondisi daun *lettuce* masih segar dan teksturnya masih dalam keadaan baik. Penyimpanan hari ke-6 memiliki warna kuning yang sangat rendah daripada standar. Perlakuan lama penyimpanan hari ke-0 (11) memiliki warna yang lebih kuning daripada warna standar. Namun, pada lama penyimpanan hari ke-6 warna kuning semakin menurun bahkan mendekati warna kecoklatan. Dengan demikian, semakin lama waktu penyimpanan semakin menurun warna kuning pada *lettuce*.

Tabel 10. Pengaruh interaksi suhu dan lama penyimpanan terhadap parameter warna b

Faktor l	Faktor s					
	s1		s1		s3	
11	21,225	B	19,245	a	18,410	a
		D		D		D
12	17,845	B	16,205	b	11,735	a
		C		C		C
13	15,485	C	12,58	b	8,050	a
		B		B		B
14	10,695	b	9,820	b	5,260	a
		A		A		A

Keterangan : Huruf besar yang berbeda (vertikal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. Huruf kecil yang berbeda (horizontal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Semua perlakuan memiliki karakteristik yang berbeda, seperti terlihat pada tabel di atas. Hal ini ditunjukkan dengan pemberian huruf yang berbeda pada setiap perlakuan. Suhu 2°C (s1) pada penyimpanan hari pertama (11) sangat berbeda dengan suhu 10°C (s2) dan 27°C (s3). Namun pada hari keempat penyimpanan, terdapat perbedaan yang mencolok pada seluruh perlakuan suhu. *Lettuce* dapat mempertahankan lebih banyak warna kuningnya jika disimpan dalam waktu lama pada suhu yang lebih dingin. Warna emas pada *lettuce* akan memudar seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Ketika diukur parameter warna b pada *lettuce*, diperoleh hasil bahwa perlakuan 14s3 mempunyai nilai terendah yaitu 5,260 dan perlakuan 11s1 mempunyai nilai terbesar yaitu 21,225.

Berkurangnya rona emas *lettuce* adalah efek alami dari penyimpanan yang lama. Hasil pengukuran parameter warna b pada *lettuce* pada setiap suhu (2°C, 10°C, dan 27°C) selama 6 hari (0, 2, 4, dan 6 hari) semakin menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan pada setiap perlakuan. Perlakuan dengan suhu dingin dapat mempertahankan warna kuning *lettuce* sedangkan pada suhu tinggi warna kuning akan cepat menurun dan berubah menjadi lebih gelap hingga kecoklatan mendekati fase kelayuan. *Lettuce* lebih awet disimpan dalam suhu dingin. Suhu penyimpanan yang baik adalah pada suhu 2°C dan 10°C, karena pada suhu tersebut dapat mempertahankan warna kuning pada *lettuce*. Pengukuran parameter b merupakan struktur klorofil b yaitu yang menyerap warna hijau-kuning.

Parameter Warna Total (ΔE)

Perlakuan suhu penyimpanan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap parameter warna total (ΔE) pada *lettuce* selama 6 hari penyimpanan. Parameter warna total (ΔE) pada *lettuce* merupakan perubahan warna yang terjadi selama perlakuan suhu dan lama penyimpanan yang bervariasi. Perlakuan pada suhu penyimpanan 2°C (s1) memiliki perubahan warna yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan suhu 10°C dan 27°C.

Tabel 11. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap parameter warna total (ΔE)

Suhu penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
s1	16,379	a
s2	17,738	a
s3	26,069	b

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Perlakuan suhu rendah terutama pada suhu 2°C pada suhu 10°C memiliki perubahan warna total (ΔE) yang rendah. Namun, pada suhu 27°C perubahan warna total (ΔE) lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena perlakuan suhu yang tinggi dapat menyebabkan perubahan warna-warna pada *lettuce* berubah dengan cepat. Selain itu, penyerapan oksigen oleh *lettuce* lebih cepat dan mengakibatkan warna-warna pada *lettuce* terdegradasi. Hasil uji jarak berganda Duncan untuk faktor

lama penyimpanan terhadap parameter warna total (ΔE) pada *lettuce* dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Pengaruh lama penyimpanan terhadap parameter warna total (ΔE)

Lama penyimpanan	Nilai rata-rata	Taraf nyata
11	16,493	a
12	18,392	b
13	21,137	c
14	24,225	d

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Tabel di atas menunjukkan bahwa semua perlakuan pada faktor lama penyimpanan berbeda nyata. Perlakuan lama penyimpanan hari ke-0 (11) memiliki parameter warna total (ΔE) yang paling rendah yaitu 16,493 sedangkan perlakuan lama penyimpanan hari ke-6 (14) memiliki parameter warna total (ΔE) yang paling tinggi yaitu 24,225. Sampel yang memiliki warna total (ΔE) yang rendah berarti hanya mengalami sedikit perubahan warna selama perlakuan suhu dan penyimpanan. Sebaliknya, sampel yang memiliki warna total (ΔE) yang tinggi berarti mengalami banyak perubahan warna selama perlakuan suhu dan penyimpanan tersebut.

Jika dibandingkan perlakuan lama penyimpanan pada hari ke 0, 2, 4, dan 6, perubahan warna keseluruhan pada hari ke 0 (11) lebih rendah dibandingkan pada hari ke 2 (12), 4 (13), dan 6 (14). Oleh karena itu, *lettuce* akan lebih mempertahankan warna aslinya jika disimpan dalam jangka waktu yang lebih singkat. Di atas pada tabel 13 dapat dilihat hasil uji jarak berganda Duncan untuk variabel interaksi suhu dan lama penyimpanan terhadap parameter warna total (ΔE) pada *lettuce* yang disimpan. Hal ini disebabkan oleh proses biokimia dan fisik yang lebih lambat pada penyimpanan yang lebih singkat. Untuk menjaga kualitas warna, penting untuk meminimalkan waktu penyimpanan dan mengoptimalkan kondisi penyimpanan, terutama suhu, untuk memperlambat proses degradasi warna (Arihara *et al.*, 2012).

Tabel 13. Pengaruh interaksi suhu dan lama penyimpanan terhadap parameter warna total (ΔE)

Faktor l	Faktor s					
	s1		s2		s3	
11	16,205	B	14,455	a	18,82	c
	A		A		A	
12	14,32	A	16,465	a	24,39	b
	A		AB		B	
13	16,07	A	17,82	b	29,52	c
	A		B		C	
14	18,92	A	22,21	a	31,545	b
	A		C		C	

Keterangan : Huruf besar yang berbeda (vertikal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. Huruf kecil yang berbeda (horizontal) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Hasil dari perlakuan 11s1(0hari, 2°C), 12s1(2hari, 2°C), 13s1(4hari, 2°C), dan 14s1(6hari, 2°C) tidak berbeda jauh seperti terlihat pada Tabel 13. Jika dibandingkan dengan 13s2 (4hari, 10°C) dan 14s2(6hari,10°C), perlakuan 11s2(0hari, 10°C) menonjol, namun gagal membedakan dirinya dengan 12s2 (2hari, 10°C). Meskipun perlakuan 12s3(2hari, 27°C), 13s3(4hari, 27°C), dan 14s3(6hari, 27°C) berbeda jauh dengan perlakuan 11s3(0hari, 27°C), 13s3(4hari, 27°C) dan 14s3 (4hari, 27°C) tidak berbeda secara signifikan satu sama lain. Pada taraf signifikansi 5%, nilai rata-rata suhu dan lama penyimpanan serta interaksi keduanya berbeda sesuai data pada tabel 16. Hal ini ditunjukkan dengan huruf yang berbeda nyata. Hasil analisis parameter warna total (ΔE) menunjukkan bahwa perlakuan 12s1 (2hari, 2°C) memiliki nilai perubahan warna total paling kecil yaitu 14,32 sedangkan perlakuan 14s3 (4hari, 27°C) memiliki nilai perubahan warna total paling besar yaitu 31,525.

Tabel diatas menunjukkan bahwa perubahan warna total (ΔE) pada *lettuce* meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Pada hari ke-0 (11), *lettuce* memiliki nilai ΔE terendah yaitu 16,493, menandakan perubahan warna yang minimal. Sebaliknya, pada hari ke-6 (14), nilai ΔE mencapai 24,225, menunjukkan perubahan warna yang lebih signifikan. Faktor utama yang mempengaruhi perubahan warna ini meliputi aktivitas enzimatis, pertumbuhan mikroba, suhu penyimpanan, dan kehilangan kelembapan. Aktivitas enzimatis dan pertumbuhan mikroba meningkat seiring waktu, mempercepat perubahan warna. Suhu penyimpanan juga berpengaruh, dengan suhu yang lebih rendah memperlambat perubahan warna. Kehilangan kelembapan dan oksidasi selama penyimpanan lebih lama turut berkontribusi pada perubahan warna yang lebih besar. Analisis statistik memperkuat temuan ini dengan menunjukkan perbedaan signifikan dalam perubahan warna berdasarkan lama penyimpanan. Kesimpulannya, *lettuce* yang disimpan dalam waktu singkat mempertahankan warna lebih baik dibandingkan yang disimpan lebih lama, sehingga optimalisasi waktu dan kondisi penyimpanan, terutama suhu, sangat penting untuk menjaga kualitas warna *lettuce* (Winneke, 2017).

Perubahan warna yang mencolok terdapat pada perlakuan 13s3 (4 hari, 27°C) dan perlakuan 14s3 (6 hari, 27°C), dimana perubahan akibat enzim polyphenol oksidase dan laju respirasi nampak, diantaranya terjadi pencoklatan dan pelayuan pada daun *lettuce*. Berlangsungnya *senescence* pada *lettuce* disertai dengan perubahan fisiologis dan kimiawi, salah satu diantaranya yang dianggap penting adalah hilangnya warna hijau. Hal ini melibatkan pemecahan khlorofil, dan hasilnya adalah munculnya ciri gejala *senescence* yaitu dengan terbentuknya warna coklat (*browning*).

Selama penyimpanan nilai warna *lettuce* mengalami peningkatan dan penurunan dengan suhu dan lama penyimpanan yang bervariasi. Selama 6 hari penyimpanan warna hijau *lettuce* mendekati warna kecoklatan. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan laju respirasi sehingga terjadi degradasi warna hijau pada *lettuce*. Perubahan warna ini sangat dipengaruhi oleh parameter dari lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Perubahan yang terjadi ditandai pula dengan penurunan kesegaran *lettuce* selama penyimpanan dan suhu yang bervariasi. Keadaan ini disebabkan terjadinya kehilangan air karena adanya laju respirasi yang tinggi. Kesegaran pada sayuran perlu dipertahankan, hal ini sangat perlu karena kehilangan air pada sayuran menyebabkan kesegarannya berkurang atau menyebabkan kelayuan. Selain itu, kehilangan air dapat menyebabkan sayuran menjadi kurang menarik dengan tekstur kurang baik sehingga kualitasnya menjadi rendah (Kays, 2011).

Perlakuan Terbaik

Hasil yang terbaik terutama dilihat dari tingginya rata-rata pada setiap pengamatan parameter warna dengan pemberian skor, dimana perolehan skor tertinggi adalah perlakuan terbaik. Hasil pemberian skor terhadap kecerahan L, parameter warna a, parameter warna b, dan parameter warna total (ΔE) selama penyimpanan (0, 2, 4, dan 6 hari) dapat dilihat pada tabel 14 berikut.

Tabel 14. Hasil pemberian skor terhadap seluruh parameter warna

Perlakuan	L	A	b	ΔE	Jumlah
11s1	5	4	5	5	19
11s2	5	5	4	5	19
11s3	3	4	4	4	15
12s1	4	4	4	5	17
12s2	3	5	4	5	17
12s3	2	3	2	3	10
13s1	5	5	5	5	20
13s2	3	4	3	5	15
13s3	1	1	2	2	6
14s1	3	4	2	4	13
14s2	2	4	2	3	11
14s3	1	1	1	1	4

Keterangan : Jumlah nilai tertinggi merupakan sampel terbaik

Berdasarkan hasil skoring di atas pada analisis fisika (*chromameter*), maka dapat dilihat bahwa sampel 13s1 dengan perlakuan suhu penyimpanan 2°C dan lama penyimpanan 4 hari memiliki skor paling tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel 13s1 merupakan perlakuan terbaik.

SIMPULAN

Suhu penyimpanan yang berbeda (2°C, 10°C, dan 27°C) mempengaruhi secara signifikan kecerahan (L), parameter warna merah-hijau (a), parameter warna kuning-biru (b), dan warna total (ΔE) pada *lettuce*. Suhu 27°C menunjukkan perubahan warna total yang paling besar dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Lama penyimpanan (0, 2, 4, dan 6 hari) juga mempengaruhi secara signifikan kecerahan (L), parameter warna merah-hijau (a), parameter warna kuning-biru (b), dan warna total (ΔE). Penyimpanan yang lebih lama cenderung meningkatkan perubahan warna *lettuce*. Interaksi suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap parameter warna merah-hijau (a), parameter warna kuning-biru (b), dan warna total (ΔE). Interaksi ini menunjukkan bahwa baik suhu maupun lama penyimpanan saling mempengaruhi perubahan warna *lettuce*. Perlakuan terbaik ditemukan pada sampel 13s1(4hari, 2°C) yaitu penyimpanan pada suhu Perlakuan ini menunjukkan parameter kecerahan (L) tinggi 49,665, yang menunjukkan kecerahan hijau yang baik, parameter warna merah-hijau (a) tinggi 11,880, yang berarti *lettuce* lebih berwarna dibandingkan dengan standar, parameter warna kuning-biru (b) tinggi 15,485, yang menunjukkan tingkat kekuningan yang baik, dan warna total (ΔE) rendah 16,070, yang menunjukkan sedikit perubahan warna selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arihara, K., & Matsumoto, S. (2012). Effects of Harvest Time on Lettuce Quality and Shelf Life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(10), 2075-2082.
- Biale, J.B. (2014). Respiration of Fruit, Postharvest Physiology of Perishable Plant Product. *Pulb Book-Van Nostrand, New York.An*. Vol 7.A. VI
- Fendriansah, Tamrin, dan Oktafri. (2014). Pengaruh Media Penyimpanan (biji plastik) terhadap Umur Simpan Wortel Segar (*Daucus carrota L*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(2): 111–118.
- Gaspersz. (2006). *Teknik Analisis Dalam Penilaian Percobaan Cetakan Ketiga*. Bandung: Tarsito.
- Kays, S.J. (2011). Postharvest Technology For Southeast Asian Perishable Crops. *Technology and Liverhood Resources Center Manila. Food and Nutrition Sciences*.
- Pranowo, Tri. (2012). **Bertanam Burger Idola Sayuran Eksklusif Berharga Tinggi**. <http://bhenedect.blogspot.com/sayuran-dan-buah-buahan.html>. [Accessed on February 12th, 2024].
- Priyanto, Gatot. (2018). *Teknik Pengawetan Pangan*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Ryall, A. L. dan W. A. Lipton (2012). Handling Transportation and Storage of Fruit and Vegetables. *AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut*.
- Sunarjono, H. (2014). *Bertanam 36 Jenis Sayuran*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Weaver, Connie Marie. (2010). *Factors Influencing Enzymatic Browning of Ripening Bananas*. Thesis. Departement Of Foods and Nutrition, Oregon State University Master Of Science.
- Winneke, Odillia. (2017). **Sajian Lettuce yang Renyah & Segar**, (<http://jkt2.detikfood.com/index.php/detik.read/094516/idnews/859146/idkanal/291>), [Accessed on May 10th, 2024].