TEKNOTAN, Vol. 17, No. 3, Desember 2023
ISSN 1978-1067 (Print), ISSN 2528-6285 (Online)
DOI 10.24198/jt.vol17n.3.4

Analisis Perlakuan Pra Pendinginan, Suhu Penyimpanan, dan Kemasan terhadap Kualitas Brokoli

Analysis of Precooling Treatment, Storage Temperature, and Packaging on Broccoli Quality

Tasya Khoerunnisa[1]*, S. Rosalinda[1], Dewi Padmisari Suryaningrum[2]

[1]Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia
[2]Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang, Lembang 40791, Indonesia
*E-mail: tasya19013@mail.unpad.ac.id

Diterima: 28 Agustus 2023; Disetujui: 3 November 2023

ABSTRAK

Brokoli merupakan salah satu sayuran yang memiliki tingkat kerusakan yang sangat tinggi sehingga memerlukan penanganan pasca panen yang tepat. Penanganan pasca panen yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh perlakuan sebelum pendinginan, perbedaan suhu penyimpanan dan pengemasan yang memainkan peran penting dalam mempertahankan mutu brokoli. Tujuan penelitian kali ini yaitu untuk mengetahui perbandingan perubahan susut berat, tekstur, dan warna pada komoditas brokoli selama proses pra pendinginan, penyimpanan pada suhu ruang (± 23,83˚C) dan suhu rendah (±8,76˚C), serta pengaruhnya pengemasan untuk menentukan titik terbaik dari semua parameter yang disebutkan. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kemas Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang pada bulan Juli hingga Agustus 2022. Metode penelitian dilakukan dengan analisis deskriptif yang terdiri dari enam perlakuan dengan tiga kali ulangan. Hasil penelitian yaitu brokoli mengalami perubahan susut berat sebesar 2,45% ketika dilakukan proses pra pendinginan, disimpan pada cold storage (suhu rendah), dan menggunakan kemasan selama 9 hari. Perubahan tekstur yang optimal dengan tidak terjadi perubahan warna yang mencolok ditunjukkan pada brokoli dengan perlakuan pra pendinginan yang disimpan di cold storage (suhu rendah) dan menggunakan kemasan, dengan perubahan tekstur sebesar 1,83 kgf. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa perlakuan penyimpanan dengan suhu rendah, dan penggunaan kemasan dapat memperpanjang umur simpan brokoli dengan batas penyimpanan maksimal selama 8 hari, untuk mendapatkan brokoli layak dikonsumsi.

Kata kunci: *Brokoli; Pasca Panen; Pengemasan; Penyimpanan.*

ABSTRACT

Broccoli is one of the vegetables that is highly susceptible to damage and requires proper post-harvest handling. The post-harvest handling conducted in this research involves analyzing the effects of pre-cooling treatment, temperature differences in storage, and packaging, which play a significant role in maintaining the quality of broccoli. The objective of this study is to examine the comparison of weight loss, texture, and color changes in broccoli commodities during the pre-cooling process, storage at room temperature (±23,83˚C) *and low temperature* (±8,76˚C)*, as well as the influence of packaging to determine the optimal point for all the mentioned parameters. The research was conducted at the Packaging House of the Agricultural Training Center in Lembang in 2022. The research method employed descriptive analysis, consisting of nine treatments with three replications. The results of the study indicate that broccoli experienced a weight loss of 2.45% when subjected to the pre-cooling process, stored in cold storage (low temperature), and packaged for 9 days. The optimal texture change, without significant color changes, was observed in broccoli subjected to pre-cooling treatment, stored in cold storage (low temperature), and packaged, resulting in a texture change of 1,83 kgf. Based on the research findings, it can be concluded that storage at low temperature and the use of packaging are essential factors in extending the shelf life of broccoli, with a maximum storage limit of 8 days, to obtain broccoli suitable for consumption.*

Keywords: *Broccoli; Packaging; Post-Harvest; Storage.*

PENDAHULUAN

Pertanian terutama dalam sektor hortikultura, memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan mendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia (Hayati et al., 2017). Seiring dengan peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya pola makan sehat, permintaan akan sayuran segar yang berkualitas juga semakin meningkat. Menurut Badan Pusat Statistika (2022), salah satu komoditas hortikultura yang sangat populer di Indonesia adalah brokoli (*Brassica oleracea L. var italica*). Brokoli memiliki morfologinya yang khas yaitu berupa kepala bunga yang terdiri dari kelopak-kelopak kecil dan batang yang tebal serta memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik. Sayuran ini kaya akan serat, vitamin C, vitamin K, folat, dan senyawa antioksidan seperti *sulforaphane* (Fatharanni & Anggraini, 2017). Konsumsi brokoli secara teratur dikaitkan dengan berbagai manfaat kesehatan, termasuk melindungi tubuh dari penyakit kronis seperti kanker, penyakit jantung, dan diabetes, serta memperkuat sistem kekebalan tubuh (Yolandika, 2016). Karena manfaat kesehatannya yang kaya, brokoli semakin diminati oleh masyarakat dan menjadi bagian penting dalam pola makan sehat (Fatharanni & Anggraini, 2017).

Brokoli rentan mengalami kerusakan pasca panen karena brokoli memiliki sifat yang cukup sensitif terhadap perubahan suhu yang tinggi dan kelembaban pada penyimpanan (Caleb *et al*, 2016). Kandungan air yang tinggi dalam brokoli yaitu sekitar 90%, serta laju respirasinya yang cepat, menjadi faktor penyebab utama penurunan kualitas, perubahan warna, dan peningkatan aktivitas mikroba (Blongkod, 2016). Oleh karena itu, untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas brokoli, diperlukan perlakuan pasca panen yang tepat. Salah satu perlakuan pasca panen yang penting adalah pra pendinginan. Perlakuan ini dilakukan sebelum penyimpanan dan bertujuan untuk menghambat aktivitas respirasi dan memperlambat proses degradasi brokoli (Santosa, 2016).

Pra pendinginan dilakukan dengan menurunkan suhu brokoli secara cepat (sekitar 0 ˚C hingga 4˚C) setelah panen, sehingga aktivitas enzim dan respirasi dapat ditekan. Pra pendinginan juga berpotensi untuk mempertahankan warna alami dan tekstur brokoli yang menarik, sehingga meningkatkan daya tarik pasar (Blongkod, 2016). Selain itu, suhu penyimpanan juga memainkan peran penting dalam menjaga kualitas brokoli (seperti warna, bobot, dan lain-lain) setelah pasca panen.

Suhu penyimpanan yang tepat dapat mempengaruhi tingkat kelembaban, aktivitas enzim, dan pertumbuhan mikroorganisme, dan kadar air pada brokoli (Paulsen, 2018). Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan kerusakan oleh dingin pada brokoli, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat pembusukan (Yolandika, 2016). Oleh karena itu, penentuan suhu penyimpanan yang optimal menjadi kunci dalam menjaga kualitas dan kesegaran (berwarna hijau tua, daun tidak layu, batang kokoh, tekstur tidak lembek) brokoli (Dirapan *et al*, 2021).

Selain faktor-faktor perlakuan pra pendinginan dan suhu penyimpanan, pemilihan kemasan yang tepat juga berperan penting dalam mempertahankan kualitas brokoli pasca panen (Gross, 2016). Kemasan yang sesuai dapat melindungi brokoli dari kerusakan fisik, seperti benturan dan tekanan, serta mempertahankan kelembaban optimal (Santosa, 2016). Kemasan yang baik juga dapat mengurangi paparan brokoli terhadap cahaya dan udara, yang dapat mempengaruhi tingkat kelembaban dan mempercepat degradasi nutrisi (Gross, 2016).

Meskipun telah ada penelitian sebelumnya yang mengkaji faktor-faktor tersebut, masih terbatasnya penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh perlakuan pra pendinginan, suhu penyimpanan, dan kemasan terhadap kualitas brokoli, dimana belum ada yang menganalisis ketiga parameter tersebut secara bersamaan untuk melihat perbedaan yang terjadi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menelaah perbandingan perubahan susut berat, tekstur, dan warna yang merupakan hal penting untuk mengetahui kualitas pada komoditas brokoli selama proses pra pendinginan, penyimpanan pada suhu ruang dan suhu rendah, serta pengaruh pengemasan untuk menentukan titik terbaik dari semua parameter yang disebutkan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang pengaruh perlakuan pra pendinginan, suhu penyimpanan, dan kemasan terhadap kualitas brokoli serta dapat memberikan rekomendasi praktis dan ilmiah dalam penanganan pasca panen brokoli. Hal ini akan sangat bermanfaat dalam upaya meningkatkan daya tahan dan kualitas brokoli, sehingga dapat memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat dan mendorong pertumbuhan sektor hortikultura di Indonesia.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kemas Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Lembang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2022. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan digital, thermohygrometer, *fruit hardness tester* Km-5, kamera, *cold storage*, *precooling*, dan karton. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah brokoli dan plastik *PolyPropylene* (PP) berukuran 60x100 cm. Brokoli yang digunakan untuk penelitian kali ini dipanen pada umur 80 hari yang dipanen langsung di zona lapangan IUT BBPP Lembang dan lahan yang dikelola koperasi BAVAS.

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dengan tiga faktor yang terdiri dari enam perlakuan dengan tiga kali ulangan. Faktor pra pendinginan dengan notasi (A) terdiri dari dua taraf yaitu: Tanpa Pra Pendinginan (A0) dan Menggunakan Pra Pendinginan (A1). Faktor penyimpanan dengan notasi (B) terdiri dari 2 taraf yaitu: Suhu Ruang (B0) dan Suhu Rendah (B1). Faktor Pengemasan dengan notasi (C) terdiri dari dua taraf yaitu: Tanpa Kemasan (C1) dan Menggunakan Kemasan Plastik PP (C2).

Pelaksanaan penelitian diawali dengan cara melakukan sortasi dan *grading* untuk mengetahui kualitas brokoli yang baik untuk digunakan sebagai bahan penelitian. Brokoli selanjutnya dilakukan perlakuan tanpa pra pendinginan dan dengan pra pendinginan (suhu 4ºC). Brokoli selanjutnya dilakukan perlakuan tanpa kemasan dan dengan kemasan plastik PP. Penyimpanan brokoli dilakukan dengan penyimpanan suhu ruang dan suhu rendah yang disimpan di dalam *cold storage*. Pengujian kualitas brokoli yang dilakukan dalam penelitian ini berfokus pada perubahan susut berat, perubahan tekstur, dan perubahan warna pada brokoli selama penyimpanan.

Berat awal setiap sampel ditimbang sebelum langkah pra-pendinginan, dan perbedaan antara berat tersebut dan berat akhir setelah pra-pendinginan digunakan untuk menentukan perubahan penurunan susut berat. Setelah itu, pengamatan dilakukan dengan menimbang brokoli secara berkala saat sedang disimpan, sampai titik di mana brokoli tidak lagi layak untuk dikonsumsi. Timbangan digital yang juga memiliki skala gram digunakan untuk pengukuran perubahan susut berat pada brokoli. Setelah penimbangan selesai, hasil pengukuran dicatat untuk kemudian dihitung. Rumus berikut digunakan untuk menghitung perubahan susut berat (Blongkod, 2016):

$$W = \frac{A-B}{A}\ x\ 100\% \quad (1)$$

Keterangan:
W: Susut bobot (%)
A: Bobot brokoli awal (g)
B: Bobot brokoli hari ke-n (g)

Alat untuk mengukur kekerasan buah, yang dikenal sebagai *fruit hardness tester*, digunakan dalam industri pertanian dan pangan untuk mengevaluasi kekerasan buah. Prinsip kerjanya melibatkan penekanan pada permukaan buah menggunakan ujung runcing dan mengukur tekanan yang diperlukan untuk menembus kulit buah. Data dari pengukuran ini berguna untuk menentukan tingkat kematangan dan kualitas buah, serta memperkirakan berapa lama buah dapat disimpan. *Fruit hardness tester* biasanya dilengkapi dengan *probe* atau penetrometer yang ditempatkan pada permukaan buah yang akan diuji. Tekanan yang dihasilkan oleh *probe* tersebut memberikan informasi tentang kekuatan yang diperlukan untuk menembus kulit buah. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar digital, yang menunjukkan angka yang mencerminkan tingkat kekerasan buah dalam satuan yang ditentukan sebelumnya (Küçükönder, 2014).

Perubahan warna pada brokoli ditinjau melalui indera penglihatan langsung dengan bantuan kamera agar dapat mengetahui adanya perubahan warna dari brokoli. Sampel diletakkan di atas kertas karton berwarna putih lalu dilakukan analisis mengenai warna dari brokoli tersebut. Warna pada kelopak bunga brokoli merupakan salah satu tanda dari kelayakan brokoli untuk dikonsumsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Susut Berat

Perubahan susut berat merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas fisik brokoli. Susut berat yang terjadi pada brokoli selama penyimpanan cenderung mengalami peningkatan. Lama penyimpanan mempengaruhi brokoli dengan cara yang berbeda, sehingga menghasilkan pola perubahan berat yang berbeda pula. Proses respirasi yang dialami oleh brokoli menyebabkannya mengeluarkan sebagian air yang terdapat di dalamnya, yang berujung pada perubahan susut berat. Tingkat suhu dan kelembaban udara di ruang penyimpanan memiliki dampak signifikan terhadap laju penurunan berat brokoli, dimana suhu yang tinggi dan kelembaban yang rendah menyebabkan brokoli memiliki susut berat yang tinggi. Hal tersebut sesuai menurut Finger *et al* (1999) dalam Asgar (2017), berat brokoli akan menurun akibat peningkatan laju respirasinya, dimana suhu yang lebih tinggi dan kelembapan udara yang lebih rendah akan menyebabkan penurunan berat brokoli. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing menjelaskan suhu dan kelembaban yang tercatat selama pengamatan.

Suhu dan kelembaban yang terjadi selama pengamatan mengalami perbedaan setiap harinya. Suhu rata-rata pada ruangan selama pengamatan yaitu 23,83˚C, sedangkan suhu rata – rata pada *cold storage* selama pengamatan yaitu sebesar 8,49˚C. Berbeda dengan kelembaban, kelembaban rata – rata di ruangan sebesar 83,75 mmHg, sedangkan kelembaban rata – rata pada suhu rendah sebesar 92,1 mmHg. Data yang didapatkan menjelaskan bahwa suhu ruangan lebih tinggi dibanding suhu rendah, sedangkan kelembaban pada suhu ruang lebih rendah daripada kelembaban pada suhu rendah.Pengamatan ini sesuai dengan literatur diatas, bahwa perlakuan suhu ruang brokoli akan mengalami perubahan susut bobot yang lebih tinggi dibanding perlakuan suhu rendah. Hal ini dapat terlihat pada grafik rata–rata perubahan susut berat komoditas brokoli. Gambar 1 menjelaskan mengenai rata-rata perubahan susut berat yang ditinjau dalam perlakuan suhu penyimpanan antara perlakuan dengan dan tanpa pra pendinginan (Gambar 1).

Tabel 1. Pengamatan suhu selama penyimpanan

Suhu (ºC)	Hari ke-n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Suhu Ruang	23,4	21,4	24,8	25,8	23,3	-	-	-	-	-
Suhu Rendah	8,0	8,2	8,6	8,4	8,8	8,6	8,9	8,5	8,4	8,5

Tabel 2. Pengamatan kelembapan selama penyimpanan

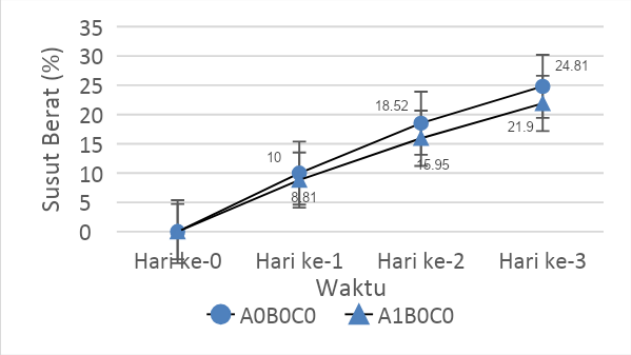
Suhu (ºC)	Hari ke-n									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Suhu Ruang	81,0	87,0	81,0	76,0	91,0	-	-	-	-	-
Suhu Rendah	81,0	94,0	93,0	92,0	91,0	91,0	91,0	92,0	92,0	92,0

Brokoli tanpa kemasan yang disimpan pada perlakuan suhu ruang terdapat penurunan susut berat, dimana brokoli tanpa pra pendinginan memiliki total perubahan susut berat lebih tinggi daripada brokoli menggunakan pra pendinginan. Total susut berat brokoli tanpa pra pendinginan pada hari ke-3 mengalami penurunan berat sebesar 24,81%, sedangkan brokoli yang menggunakan pra pendinginan pada hari ke-3 mengalami penurunan berat sebesar 21,90%. Hasil tersebut dapat menunjukkan bahwa brokoli yang disimpan tanpa kemasan dalam suhu ruang lebih baik dilakukan perlakuan pra pendinginan terlebih dahulu agar menunjukkan susut berat yang lebih rendah.

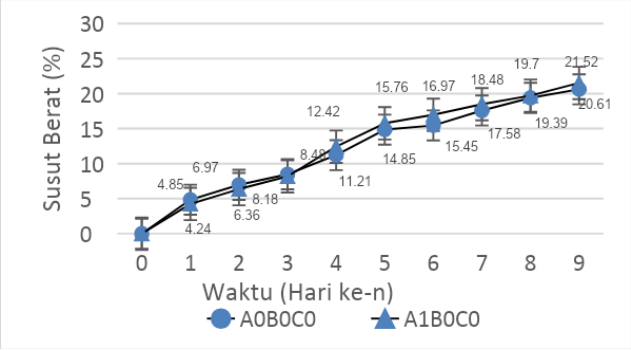
Terdapat perbedaan perubahan susut berat pada brokoli tanpa kemasan yang disimpan pada perlakuan suhu rendah, perbedaan ini tidak terlalu jauh dimana brokoli tanpa pra pendinginan, total perubahan susut berat lebih rendah daripada brokoli menggunakan pra pendinginan. Brokoli tanpa pra pendinginan pada hari ke-9 mengalami penurunan berat dengan total susut beratnya adalah 20,61%, sedangkan brokoli yang menggunakan pra pendinginan pada hari yang sama mengalami penurunan berat dengan total susut berat sebesar 21,52%. Hasil tersebut membuktikan bahwa brokoli yang disimpan tanpa kemasan pada suhu rendah lebih baik dilakukan perlakuan tanpa pra pendinginan, dimana hasil tersebut berbeda dengan perlakuan pada suhu ruang. Perubahan susut berat dengan percobaan menggunakan kemasan juga menjadi salah satu perbedaan dari hasil pengamatan. Perubahan susut berat yang ditinjau dalam perlakuan menggunakan pra pendinginan yang disimpan dalam suhu ruang antara perlakuan tanpa kemasan dan dengan kemasan disajikan dalam Gambar 2.

Pengaruh penggunaan kemasan pada brokoli, terlihat pada perubahan susut berat masing-masing perlakuan dengan penyimpanan suhu ruang. Brokoli tanpa kemasan, total perubahan susut berat lebih tinggi daripada brokoli yang menggunakan kemasan. Total susut berat brokoli tanpa kemasan, hanya diamati sampai hari ke-3 dan mengalami penurunan berat sangat besar yaitu 21,90%. Brokoli yang menggunakan kemasan, menunjukan penampakan sangat tidak layak yaitu pada hari ke-4 dan mengalami penurunan berat sebesar 5,17%. Hasil tersebut menunjukkan, bahwa brokoli yang disimpan pada suhu ruang lebih baik menggunakan kemasan agar susut berat yang terjadi tidak terlalu besar. Brokoli yang dilakukan perlakuan penyimpanan pada suhu rendah tanpa kemasan, mengalami total perubahan susut berat lebih tinggi daripada brokoli yang menggunakan kemasan. Brokoli yang menggunakan kemasan, cenderung memiliki berat yang sama dari hari ke-

2 sampai hari ke-9. Total susut berat brokoli tanpa kemasan, mengalami penurunan berat cukup besar yaitu 21,52%, sedangkan brokoli yang menggunakan kemasan, mengalami penurunan berat hanya sebesar 2,45%.



(a)



(b)

Gambar 1. Grafik rata-rata perubahan susut tanpa kemasan antara perlakuan tanpa pra pendinginan dan dengan pra pendinginan, (a) suhu ruang dan (b) suhu rendah

Hasil tersebut menunjukkan, bahwa brokoli yang disimpan pada suhu rendah lebih baik menggunakan kemasan agar susut berat tidak terlalu besar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan menunjukkan kenaikan persentase susut berat selama penyimpanan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Fransisica *et al* (2019) dimana seluruh perlakuan suhu mengalami kenaikan susut berat selama penyimpanan. Brokoli dengan perlakuan pra pendinginan dan menggunakan kemasan yang disimpan pada suhu rendah di *cold storage* merupakan perlakuan yang baik karena perubahan susut beratnya sangat kecil.

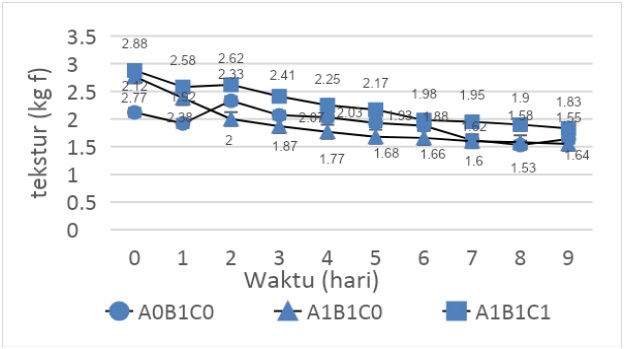
Susut berat ini disebabkan proses transpirasi dan respirasi sehingga mengakibatkan brokoli mengalami susut berat (Sari dkk, 2015). Hal ini dikarenakan setelah dipanen, brokoli masih terus mengalami proses metabolisme, proses yang terjadi disebut katabolisme. Katabolisme merupakan disimilasi, energi yang tersimpan akan dilepaskan atau diuraikan untuk melakukan proses yang diperlukan bagi kehidupan (Asgar, 2017).

Dibandingkan dengan suhu tinggi, suhu rendah memiliki efek mengurangi laju transpirasi. Kandungan air pada brokoli dapat secara signifikan berkurang akibat transpirasi yang tinggi, yang dapat menyebabkan penurunan berat yang parah. Selain itu, suhu yang lebih tinggi menyebabkan peningkatan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh brokoli yang dapat mempengaruhi respirasi brokoli. Berat brokoli menurun sebagai hasil langsung dari proses respirasi, yang mengubah senyawa organik yang dihasilkan dari fotosintesis menjadi karbon dioksida dan air (Fransisica *et al*, 2019).

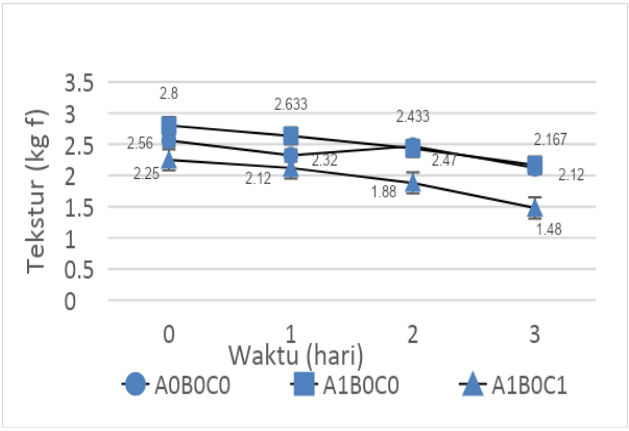
Semakin lama brokoli disimpan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengalami penurunan berat, dan siklus ini akan terus berlanjut (Asgar, 2017). Kehilangan air selama penyimpanan tidak hanya menyebabkan penurunan berat, tetapi juga menurunnya kualitas dan dapat menyebabkan kerusakan. Kehilangan sedikit air mungkin tidak menjadi masalah besar, tetapi kehilangan sejumlah besar air dapat menyebabkan sesuatu menjadi kering dan layu. Jika terjadi penurunan kadar air sebesar 10%, hal ini akan berdampak tidak hanya pada kualitas produk tetapi juga pada daya tarik visualnya dan beberapa komponen yang menyusun produk tersebut. (Asgar, 2017). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan, air yang berkurang diatas 10% kecuali pada perlakuan brokoli yang dilakukan pra pendinginan yang disimpan di suhu dingin dengan kemasan (A1B1C1) susut berat total atau air yang berkurang sebesar 2,45%.

Perubahan Tekstur

Tingkat tekstur dalam produk-produk pertanian adalah salah satu karakteristik fisik yang dapat digunakan untuk menentukan apakah buah atau sayuran telah mencapai kematangan penuh. Selama penyimpanan, salah satu proses yang terjadi adalah penurunan tekstur dimana proses ini disebabkan oleh penurunan komponen-komponen dan perubahan komposisi dari unsur-unsur yang membentuk dinding sel buah. Penentuan perubahan tekstur dapat diketahui dengan menggunakan penetrometer. Hasil pengamatan tekstur pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)

(a) Suhu Ruang
(b) Suhu Rendah

Gambar 3. Grafik Perubahan Tekstur Rata-Rata

Brokoli merupakan komoditas hortikultura dengan laju respirasi tinggi sehingga memiliki umur simpan lebih pendek dibanding dengan yang memiliki laju respirasi rendah yang akan berpengaruh terhadap kekerasan dan ketegarannya. Dapat dilihat dari Gambar 3. bahwa tekstur brokoli semakin menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hasil serupa juga sesuai dengan penelitian Susilo *et al* (2015) yang menyebutkan bahwa terkstur cenderung menurun seiring berjalannya waktu penyimpanan yang panjang. Hasil pengamatan yang dilakukan menjelaskan bahwa tekstur brokoli pada suhu ruang lebih lunak dibandingkan dengan suhu rendah. Hal tersebut disebabkan perubahan tekstur yang terjadi pada brokoli yaitu dari keras menjadi lunak, akibat terjadinya proses kelayuan.

Rata-rata perubahan tekstur dalam perlakuan suhu ruang dan suhu rendah memiliki nilai yang berbeda. Brokoli yang memiliki tekstur paling rendah pada penyimpanan di suhu ruang yaitu perlakuan pra pendinginan dan menggunakan kemasan (A1B0C1) dimana pada saat dalam kondisi sangat tidak layak tidak dapat dihitung nilai teksturnya. Brokoli yang disimpan pada suhu rendah yang memiliki tekstur paling rendah yaitu pada perlakuan tanpa pra pendinginan dan tanpa kemasan (A0B1C0) sebesar 1,64 kgf. Perlakuan A1B0C1 memiliki tekstur paling rendah karena batang brokoli yang ada di dalam kemasan mengeluarkan air yang terlalu banyak sehingga batang brokoli menjadi sangat lunak. Seperti ditunjukan pada Gambar 4.

Gambar 4. Perubahan Tekstur Batang Brokoli yang Melunak dengan Perlakuan Pra Pendinginan dan Menggunakan Kemasan

Brokoli mengalami penurunan nilai tekstur akibat lunaknya batang brokoli. Seiring penyimpanan yang lebih lama, batang brokoli akan semakin lunak karena kehilangan kekakuan (Gonzalez-Hidalgo *et al*, 2019). Enzim pektin metil esterase aktif saat brokoli matang, dan proses ini menyebabkan pemecahan atau kerusakan pektin menjadi senyawa-senyawa lain yang mengubah tekstur brokoli. Biasanya, brokoli yang awalnya keras akan menjadi lunak (Asgar, 2017). Perubahan tekstur terjadi lebih cepat saat brokoli disimpan (Asgar, 2017). Penggunaan kemasan pada suhu ruang menyebabkan keberadaan air di dalamnya karena brokoli melakukan proses respirasi dan menguapkan air pada suhu tinggi (Dirapan *et al*, 2021). Kemasan membatasi aliran air, yang mengakibatkan batang brokoli menjadi lebih cepat lunak (Dirapan *et al*, 2021).

Brokoli yang memiliki tekstur paling tinggi pada penyimpanan di suhu ruang yaitu pada perlakuan pra pendinginan dan tanpa kemasan (A1B0C0) yaitu sebesar 2,167 kgf. Brokoli yang disimpan pada suhu rendah yang memiliki tekstur paling tinggi yaitu pada perlakuan pra pendinginan dan dengan kemasan (A1B1C1) yaitu sebesar 1,83 kgf. Dari hasil pengamatan, semakin lama penyimpanan, lubang pada batang brokoli pada perlakuan pra pendinginan dan tanpa kemasan memiliki lubang yang semakin membesar seperti pada Gambar 5(a). Berbeda dengan perlakuan tanpa pra pendinginan dan tanpa kemasan memiliki lubang yang semakin besar seperti Gambar 5(b).

(a) (b)

(a) Batang Brokoli dengan Perlakuan Pra Pendinginan dan Tanpa Kemasan;
(b) Batang Brokoli dengan Perlakuan Tanpa Pra Pendinginan dan Tanpa Kemasan

Gambar 5. Perbedaan Kerusakan Tekstur Brokoli

Susanto (1994) dalam Blongkod *et al* (2016), mengatakan bahwa ukuran dan bentuk sel masing-masing mempengaruhi tekstur. Tekstur yang padat terbentuk ketika sel-sel kecil dan ruang antar selnya sedikit, sedangkan tekstur yang kasar dan seperti spons terbentuk ketika sel-sel besar dan terdapat banyak ruang antar sel. Komponen dinding sel yang disebut pektin bertanggung jawab atas kohesi antara sel-sel. Selama proses pemasakan, komponen pektin yang tidak larut dalam air menjadi larut dalam air. Hal ini menyebabkan sel-sel mudah terpisah, yang menghasilkan tekstur yang lebih lunak (Blonkod *et al*, 2016). Berdasarkan hasil pengamatan, brokoli yang di simpan di suhu rendah pada perlakuan pra pendinginan dan dengan kemasan (A1B1C1) merupakan perlakuan yang terbaik karena nilai teksturnya tinggi.

Perubahan Warna

Klorofil adalah indikator yang digunakan sebagai indeks kesegaran untuk sayuran berdaun hijau maupun bunga. Klorofil pada brokoli dapat mengalami degradasi seiring waktu, yang dapat menyebabkan perubahan warna pada daun dan bunga tanaman, dari hijau menjadi kuning (Blongkod, 2016). Hal ini karena brokoli yang baru dipanen umumnya berwarna hijau tua dan lambat laun (setelah disimpan) warnanya berubah menjadi kuning (menguning) (Li, 2022). Pengamatan perubahan warna yang dilakukan pada penelitian ini tidak menghitung besarnya kandungan klorofil, akan tetapi berdasarkan indikator umum warna hijau yang identik dengan kandungan klorofil, yang secara visual terlihat perubahannya.

Perubahan warna hijau menjadi kecoklatan disebabkan oleh pembentukan pheofitin yang dibantu oleh enzim klorofilase (a Östbring, 2020). Klorofil secara alami tidak stabil, dan ion Magnesium (Mg) yang terkandung di dalamnya dapat dengan mudah digantikan oleh ion Hidrogen (H) (Li, 2022). Pembentukan pheofitin bertanggung jawab atas perubahan warna dari hijau menjadi coklat pada sayuran tersebut. Setelah beberapa hari, proses metabolik (respirasi) terus berlangsung, menyebabkan brokoli mengalami pembusukan dan kehilangan nilai gizi serta faktor mutu brokoli (termasuk perubahan warna pada kelopak atau bunga brokoli) (Makino & Amino, 2020). Tabel 3.

menunjukkan hasil pengamatan kecerahan kepala bunga brokoli yang disimpan dalam beberapa tingkat suhu penyimpanan, setelah beberapa hari menunjukkan tingkat kecerahan bunga yang bervariasi dan tidak tergantung pada suhu penyimpanan (Tabel 3).

Tabel 3. Perubahan Warna Brokoli

Perlakuan	Kondisi			
	Awal	Layak	Tidak Layak	Sangat Tidak Layak
A0B0C0				
A1B0C0				
A1B0C1				
A0B1C0				
A1B1C0				
A1B1C1				

Kecerahan kepala bunga brokoli menjadi salah satu nilai kelayakan konsumsi brokoli. Brokoli dapat dikatakan layak apabila kepala bunga brokoli masih berwarna hijau tua. Apabila pada kepala bunga brokoli terdapat bintik kuning, brokoli tersebut sudah dapat dikatakan tidak layak konsumsi. Brokoli yang memiliki kepala bunga berwarna kuning, dikatakan sangat tidak layak konsumsi. Berdasarkan pengamatan, perlakuan pada suhu ruang terhadap kepala bunga brokoli relatif lebih cepat berubah warna menjadi kuning, kecuali pada perlakuan menggunakan kemasan (A1B0C1). Hal tersebut dikarenakan brokoli lebih cepat mengalami transpirasi dan respirasi karena suhu tinggi. Brokoli yang disimpan di suhu ruang dapat dikatakan layak konsumsi hanya sampai hari ke-2. Berbeda dengan brokoli yang disimpan pada perlakuan suhu rendah, dimana brokoli dapat bertahan selama tujuh hari dengan kelopak bunga brokoli masih berwarna hijau tua. Brokoli pada perlakuan menggunakan kemasan memiliki warna kelopak bunga yang relatif hijau dalam waktu yang cukup lama. Hal tersebut disebabkan proses respirasi dari brokoli lambat karena adanya keterbatasan Hidrogen yang masuk ke dalam plastik.

KESIMPULAN

Semakin lama penyimpanan maka perubahan susut berat brokoli semakin besar. Perubahan susut berat yang terkecil terjadi pada perlakuan pra pendinginan yang disimpan pada suhu rendah dan menggunakan kemasan (A1B1C1) yaitu sebesar 2,45%. Perubahan tekstur brokoli yang keras selama penyimpanan yaitu pada perlakuan pra pendinginan yang disimpan di *cold storage* (suhu rendah) dan menggunakan kemasan (A1B1C1) yaitu sebesar 1,83 kgf. Perubahan warna dari hijau menjadi kuning kecoklatan paling lambat terjadi pada perlakuan pra pendinginan yang disimpan di *cold storage* (suhu rendah) dan menggunakan kemasan (A1B1C1) pada hari ke-8 dimana kepala bunga brokoli (*curd*) masih tetap berwarna hijau. Rekomendasi yang dapat diberikan untuk memperpanjang umur simpan brokoli adalah penggunaan kemasan plastik, perlakuan pada pra pendinginan dan disimpan pada suhu rendah selama maksimal 8 hari untuk mendapatkan brokoli yang masih layak konsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

Asgar, Ali. (2017). Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Jumlah Perforasi Kemasan Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Brokoli *(Brassica oleracea var. Royal G) Fresh-Cut*. *J. Hort*., Vol. 27 (1): 127 – 136.

Blongkod, Nur Anggraeni., *et al*. 2016. Kajian Pengaruh Pra Pendinginan Dan Suhu Penyimpanan Terhadap Umur Simpan Brokoli. *Ejournal UNSTRAT*, Vol. 7 (5): 1 – 10.

Caleb, Oluwafemi J., *et al*. (2016*). Integrated Modified Atmosphere and Humidity Package Design For Minimally Processed Broccoli (Brassica oleracea L. var. italica). Postharvest Biology and Technology*, 121: 87-100. *Reteieved from* http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.07.016.

Dirapan, Pimonphat., *et al.* (2021). *Improving Shelf Life, Maintaining Quality, and Delaying Microbial Growth of Broccoli in Supply Chain Using Commercial Vacuum Cooling and Package Icing. Horticulturae*, 7(506): 1-18. *Reteived from* https://doi.org/10.3390/horticulturae7110506.

Fatharanni, Mentari Olivia. & Anggraini, Dian Isti. (2017). Efektivitas Brokoli (Brassica Oleracea var. Italica) dalam Menurunkan Kadar Kolesterol Total pada Penderita Obesitas. *Majority*, 6(1): 64-70.

Fransisica, Astrid., Istianto, Mizu., & Siregar, Gokma Ampetua. (2019). Pengaruh Suhu dan Jumlah Perforasi pada Kemasan Terhadap Susut Bobot Kangkung. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 3(1): 31-41. *Retieved from* https://doi.org/10.26877/jiphp.v3i1.3452.

Gonzalez-Hidalgo, Ines., *et al*. (2018). *Effect of Industrial Freezing on The Physical and Nutritional Quality Traits in Broccoli. Food Science and Technology International*, 25(1): 56-65. *Retieved from* https://doi.org/10.1177/1082013218795807.

Gross, Kenneth., *et al*. (2016). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. United States Department of Agriculture*.

Hayati, Mimi., *et al*. 2017. Faktor Pertanian dalam Pembangunan Wilayah Kabupaten Bireuen Provinsi Aceh. *Jurnal S. Pertanian*, Vol. 1 (3): 213 – 222.

Küçükönder, Hande., *et al*. (2014). *Determining The Factors Affecting Fruit Hardness of Different Peach Types with Meta Analysis. Turkish Science and Technology*, 3(2): 98-102.

Li, Xiaotong., *et al*. (2022). *Maintaining the Quality of Postharvest Broccoli by Inhibiting Ethylene Accumulation Using Diacetyl. Frontiers*: 01-12.

Retieved from https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1055651.

Makino, Yoshio., & Amino, Genki. (2020). *Digitization of Broccoli Freshness Integrating External Color and Mass Loss. Foods*, 9, 1305: 1-14. *Retieved from* https://doi.org/10.3390/foods9091305.

Östbring, Karolina., *et al*. (2020). Effects of Storage Conditions on Degradation of Chlorophyll and Emulsifying Capacity of Thylakoid Powders Produced by Different Drying Methods. Foods, 9(669): 1-15. *Reteived from* http://dx.doi.org/10.3390/foods9050669.

Paulsen, Erika., *et al*. (2017). *Effect of Temperature on Glucosinolate Content and Shelf Life of Ready-To-Eat Broccoli Florets Packaged in Passive Modified Atmosphere. Postharvest Biology and Technology*, 138: 125-133. *Reteived from* https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.006.

Santosa, Eko Purwo *et al*. 2016. *Dayasaing Komoditas Hortikultura Negara Berkembang dan Negara Maju di Pasar Internasional*. Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan, Vol. 5 (2): 68 – 86.

Sari, Rita Nopita., Novita, Dwi Dian., & Sugianti, Cicih. (2015). Pengaruh Konsentrasi Tepung Karagenan dan Gliserol Sebagai *Edible Coating* Terhadap Perubahan Mutu Buah Stroberi (*Fragaria x ananassa*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(4): 305-314.

Susilo, Bambang., *et al*. (2015). Pengaruh Penyimpanan Atmosfer Termodifikasi (M*odified Atmosphere Storage*/ MAS) terhadap Karakteristik Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Agritech*, 36(4): 369-378. *Reteived from* http://dx.doi.org/10.22146/agritech.16758.

Yolandika, Clara., *et al*. 2016. *Rantai Pasok Brokoli di Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat dengan Pendekatan Food Supply Chain Networks*. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan, Vol. 16 (3): 155 – 162.

Halaman ini sengaja dikosongkan