PERUBAHAN MUTU KUBIS BUNGA DIOLAH MINIMAL PADA BERBAGAI PENGEMASAN DAN SUHU PENYIMPANAN

The Quality Change of Minimally Processed Cauliflowers at Several Packaging and Storage Temperatures

Musaddad, D., G. Suryatmana, I.S. Setiasih, dan Roni Kastaman
Balai Penelitian Tanaman Sayuran - Balitbang Pertanian
email korespondensi: dar_musaddad@yahoo.com

Abstrak

Perubahan Mutu Kubis Bunga Diolah Minimal Pada Berbagai Pengemasan Dan Suhu Penyimpanan. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengemasan terhadap perubahan mutu kubis bunga diolah minimal (KBDM) selama penyimpanan pada berbagai suhu. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pascapanen BALITSA, Lembang selama 6 bulan mulai Januari sampai Juni 2012. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok pola split plot design diulang tiga kali dengan suhu penyimpanan sebagai main plot terdiri atas empat taraf (0 oC, 5 oC, 10 oC dan suhu kamar) dan teknik pengemasan sebagai sub plot terdiri atas empat taraf (tanpa bungkus, dibungkus stretch film, dibungkus PE.03 dan dibungkus PE.05). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pengemasan dengan pembungkusan terbukti meningkatkan hasil guna pendinginan dalam mempertahankan mutu KBDM. Pada penyimpanan suhu dingin, kemasan dengan pembungkus PE.05 menunjukkan laju penurunan mutu paling lambat, sedangkan pada penyimpanan suhu kamar, tingkat penurunan mutu KBDM paling lambat ditunjukkan oleh kemasan dengan pembungkus stretch film.

Kata kunci : Pengemasan; Pendinginan; Proses minimal; kualitas; Brassica oleracea var. botrytis.L.

Abstract

The Quality Change of Minimally Processed Cauliflowers at Several Packaging and Storage Temperatures. The objective of this research is to find out of effect of packaging on quality change of minimally processed cauliflower (MPC) during storage at the several temperatures. The research has been performed at the IVEGRI, Lembang for 6 months from Januari to Juni 2012. The experiment was conducted using RBD in a Split Plot Design pattern with three replications. The main plot was storage temperatures consisted of four levels (0 oC, 5 oC, 10 oC and ambient temperature), sub plot was packaging technique consisted of four levels (without wrapping and wrapped with stretch film, PE.03 and PE.05). The result showed that packaging technique with wrapping proved increasing efectivity of referigeration to quality maintenance of MPC. At the chilling temperatures, using PE.05 showed the best ability to reduce the rate of declining quality, whereas at ambient temperature, the lowest of degradation rate pointed by wrapping stretch film.

Key words : *Packaging; Refrigerator; Minimally processed, quality, Brassica oleracea var. botrytis L.*

Pendahuluan

Pengolahan minimal dalam bentuk potongan atau pipilan segar menjadi alternatif yang dapat dilakukan untuk mempercepat dan mempermudah proses pemasakan, meningkatkan keamanan dan mutu, memperluas jangkauan distribusi, dan mengurangi limbah berupa sampah di perkotaan yang berpotensi mencemari lingkungan.

Pemotongan dan pengirisan dalam proses pengolahan minimal menyebabkan luka pada jaringan tanaman. Luka tersebut menyebabkan berkurangnya keutuhan sel yang kemudian dapat menyebabkan peningkatkan laju respirasi, degradasi membran lipid, reaksi pencoklatan dan laju transpirasi yang pada akhirnya berdampak pada penurunan mutu (*Sapers et al.,* 1991). Selain itu, luka pada jaringan merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme.

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kesegaran sekaligus memper-panjang umur simpan produk diolah minimal antara lain penggunaan desinfektan, penggunaan suhu rendah dan peningkatan kelembaban, penggunaan pengemas yang protektif, pengemasan atmosfir termodifikasi, penggunaan bahan pengawet, penyalutan edibel (*edible coating*), perlakuan pemanasan, penurunan aktivitas air, dan irradiasi (Tranggono, 1988; Reyes, 1998).

Penyimpanan suhu rendah (pendinginan) merupakan salah satu cara untuk menghambat laju penurunan mutu sayuran melalui dua prinsip dasar, yaitu: (1) memperlambat kecepatan reaksi metabolisme sehingga dapat menghambat laju kemunduran fisiologis; dan (2) menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kebusukan dan kerusakan. Prinsip yang pertama mengacu pada teori yang menyatakan bahwa setiap penurunan suhu sebesar 8 ^{o}C, kecepatan reaksi metabolisme berkurang setengahnya. Prinsip kedua akan efektif jika bahan pangan dibersihkan dulu sebelum pendinginan (Phan,1987).

Kemasan memiliki peran penting dalam melindungi mutu bahan. Penggunaan plastik sebagai pengemas diharapkan dapat melindungi produk dari kerusakan mekanis, mencegah kehilangan air akibat transpirasi sehingga tersedia produk segar dengan penampilan menarik dan tersedia dalam waktu yang relatif lama (Weichmann, 1987). Karena KBDM merupakan bahan yang masih melakukan aktivitas fisiologis dan transpirasi maka diperlukan pemilihan plastik yang bisa mengendalikan transmisi uap air dengan tingkat permeabilitas terhadap udara yang sesuai sehingga dapat memberikan pengaruh positif terhadap kelangsungan hidupnya.

Hipotesis dari penelitian ini adalah terjadi interaksi nyata antara kemasan plastik dan suhu penyimpanan terhadap perubahan mutu KBDM. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengemasan terhadap perubahan mutu kubis bunga diolah minimal (KBDM) selama penyimpanan pada berbagai suhu.

Metode

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pascapanen Balai Penelitian Tanaman Sayuran di Lembang terhitung mulai bulan Januari sampai dengan Juni 2012. Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari kubis bunga, varietas Cempaka (Lokal Lembang) dipanen dari kebun petani di Desa Cibogo, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat pada tingkat ketuaan yang cukup sesuai dengan kebiasaan petani setempat, dengan indikator: seluruh daun yang menutupi karangan bunga sudah terbuka; kepala bunga terlihat cerah dengan krop yang kompak; dan bagian permukaan karangan bunga merata. Bahan lainnya adalah gas oksigen murni (90 sampai 95%), air pencuci (berasal dari mata air), baki *styrofoam*, plastik *wrapping/strectch* film, kantong plastik polietilen (PE) 0,03 mm dan 0,05 mm serta bahan pembantu lainnya.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas peralatan pengolahan, pengemasan, penyimpanan produk dan peralatan analisa bahan. Alat yang digunakan untuk proses pengolahan, pengemasan dan penyimpanan antara lain pisau stainless, baskom plastik, *OZONE PROCESSOR (OZONICS CORPORATION)*, alat peniris tipe sentrifugasi (pengering pada mesin cuci), siler, rak penyimpanan dan *cold storage* serta alat bantu lainnya.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok pola petak terpisah (*split plot design*) dengan 3 kali ulangan dan dua faktor perlakuan yaitu suhu penyimpanan (faktor S) sebagai main plot terdiri atas empat taraf (s_1 = 0 °C ; s_2 = 5 °C; s_3 = 10 °C; dan s_4 = suhu kamar) dan teknik pengemasan (faktor K) sebagai sub plot terdiri atas empat taraf (k_1 = *Styrofoam* tanpa bungkus; k_2 = *Styrofoam* dibungkus *strectch* film; k_3 = *Styrofoam* dibungkus PE 0,03 mm; k_4 = *Styrofoam* dibungkus PE 0,03 mm).

Peubah yang diamati sebagai respons dari kombinasi suhu penyimpanan dan teknik pengemasan adalah : 1) warna (Nilai L *Chromameter*), 2) susut bobot (Gravimetri); 3) kekerasan (Penetrometer), dan 4) kadar air (*gravimetri*).

Tahapan proses dari penelitian ini meliputi penyiapan bahan baku, sortasi, proses pengolahan minimal (*cutting*), pencucian, penirisan, pengemasan (sesuai perlakuan) dan penyimpanan pada ruangan sesuai dengan perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

Perubahan mutu suatu produk dapat diketahui dari perubahan atributnya. Kesegaran merupakan atribut penting yang menentukan mutu produk segar, termasuk KBDM. Kesegaran itu sendiri merupakan ekspresi dari berbagai variabel mutu seperti kenampakan, tekstur, aroma dan cita rasa.

Berdasarkan atas pertimbangan tersebut maka dalam mengkaji pengaruh teknik pengemasan dan suhu penyimpanan terhadap mutu KBDM dibatasi pada analisis terhadap variabel yang mengindikasikan kesegaran yaitu warna, susut bobot, kekerasan, dan kadar air.

Perubahan warna

Warna merupakan parameter kunci bagi konsumen dalam menilai kualitas produk segar, termasuk KBDM. Karena disamping menjadi indikator kesegaran, warna juga mengekspresikan kesehatan dan kebersihan bahan. Dengan demikian jika terjadi penyimpangan dari warna normalnya maka bahan tersebut tidak akan dipilih (*unmarketable*). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Musaddad (2011) bahwa terjadi keterkaitan yang sangat erat antara tingkat kesukaan panelis dengan warna kubis bunga.

Secara visual, perubahan warna KBDM ditunjukkan oleh berubahnya warna mahkota bunga menjadi kuning kecoklatan atau terjadi bintik-bintik hitam yang semakin lama akan semakin meluas sampai akhirnya menutupi seluruh permukaan mahkota. Hal ini diduga karena adanya kematian sel sebagai akibat proses metabolisme yang terus terjadi selama penyimpanan.

Muchtadi (1992) menyatakan bahwa pada kondisi segar umumnya susunan sel masih baik, namun seiring dengan berjalannya proses respirasi selama penyimpanan maka kloroplas akan terfragmentasi, endoplasmik retikula terdegradasi dan sitoplasma akan penuh dengan produk-produk hasil degradasi tetapi mitokondria masih tetap utuh. Pada stadia lanjut, kloroplas akan menghilang, demikian pula endoplasmik retikula, sedangkan mitokondria akan mulai mengalami degradasi. Kerusakan mitokondria ini menimbulkan penafsiran bahwa suplai energi untuk keperluan metabolisme sel berkurang dan akhirnya berhenti, sehingga menyebabkan terjadinya kematian sel.

Hasil analisis statistik (Tabel 1) menunjukkan terjadinya interaksi nyata antara suhu penyimpanan dengan kemasan terhadap laju perubahan nilai L KBDM. Pada semua taraf kemasan, perlakuan suhu penyimpanan 0 °C menunjukkan laju perubahan nilai L yang paling kecil dan berbeda nyata dengan 3 perlakuan suhu lainnya. Sebaliknya perlakuan suhu kamar menunjukkan laju perubahan yang paling tinggi dan berbeda nyata dengan 3 perlakuan suhu lainnya. Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa perubahan warna KBDM terjadi akibat adanya bintik hitam pada mahkota bunga sebagai akibat akumulasi dari sel yang mati dan seiring dengan pertambahan waktu maka penyebarannya akan semakin meluas sampai akhirnya akan menutupi seluruh permukaan mahkota bunga. Fenomena ini akan semakin cepat seiring dengan kecepatan laju respirasi. Muchtadi dan Sugiono (1992) menyatakan bahwa makin tinggi suhu, makin cepat respirasi dan penguraian makromolekul sehingga kerusakan lebih cepat terjadi.

Tabel 1. Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Kemasan terhadap Laju Perubahan Nilai L (skala/hari) KBDM Selama Penyimpanan

Suhu penyimpanan	Kemasan			
	Tanpa bungkus	Dibungkus *stretch film*	Dibungkus PE 0,03 mm	Dibungkus PE 0,05 mm
0 °C	0,30 a B	0,12 a A	0,52 a C	0,08 a A
5 °C	0,49 c B	0,24 b A	0,69 b C	0,24 b A
10 °C	0,42 b A	0,72 c C	0,66 b B	0,88 c D
Suhu kamar (21 ±2 °C)	1,16 d B	1,01 d A	2,51 c C	2,85 d D

Keterangan: nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Pada taraf suhu penyimpanan 0°C dan 5°C, kemasan styrofoam dibungkus *stretch film* dan PE 0,05 mm -

menghasilkan laju perubahan nilai L paling rendah dan berbeda nyata dengan dua perlakuan lainnya, kemudian diikuti oleh *styrofoam* tanpa bungkus dan yang dibungkus PE 0,03 mm. Perlakuan kemasan dibungkus *stretch film* dan PE 0,05 mm antar keduanya menunjukkan laju perubahan nilai L yang tidak berbeda nyata.

Pada taraf suhu penyimpanan 10°C dan suhu kamar, kemasan *styrofoam* dibungkus plastik PE 0,05 mm menunjukkan laju perubahan nilai L paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan kemasan lainnya. Laju perubahan nilai L terkecil ditunjukkan masing-masing oleh kemasan tanpa bungkus pada suhu 10°C dan kemasan dibungkus plastik *stretch film* pada suhu kamar.

Gejala di atas membuktikan bahwa laju respirasi dipengaruhi oleh komposisi O_2 dan CO_2. Pada kondisi tanpa bungkus, O_2 selalu tersedia dan CO_2 yang dihasilkan akan menguap ke udara bebas sehingga komposisi udara relatif tetap dan respirasi akan berjalan normal. Pada kondisi KBDM dibungkus, akan terjadi pengurangan O_2 dan akumulasi CO_2 yang sampai pada batas tertentu dapat memperlambat laju respirasi. Namun seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan, laju respirasi akan meningkat sehingga terjadinya penurunan O_2 dan akumulasi CO_2 akan berjalan semakin cepat. Akibatnya akan mempercepat terjadinya kondisi anoksik yang akan memaksa bahan biologis melakukan respirasi anaerob. Oleh karena itu pada suhu yang lebih tinggi (10°C dan suhu kamar), perlakuan kemasan styrofoam dibungkus PE 0,05 mm menunjukkan laju perubahan nilai L yang paling cepat.

Perubahan bobot

Penurunan bobot atau kehilangan berat KBDM dalam penyimpanan disebabkan oleh hilangnya air akibat proses transpirasi dan hilangnya karbon akibat proses respirasi. Hasil analisis statistik (Tabel 2) menunjukkan adanya interaksi nyata antara suhu penyimpanan dengan perlakuan kemasan terhadap laju perubahan bobot KBDM selama penyimpanan.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada semua taraf suhu penyimpanan, perlakuan kemasan *styrofoam* tanpa bungkus menunjukkan laju perubahan bobot paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan kemasan lainnya, kemudian diikuti oleh perlakuan *styrofoam* dibungkus *stretch film*. Pada perlakuan kemasan dibungkus plastik PE 0,03 mm dan PE 0,05 mm menunjukkan perubahan bobot paling kecil dan di antara keduanya tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pembungkusan akan menghambat laju transpirasi. Wills *et al.* (1998) menyatakan bahwa kehilangan air bahan dapat dikurangi secara efektif dengan menekan laju pertukaran udara melalui pembungkusan. Hal ini dapat dilakukan dengan memasukan produk ke dalam kantong. Tingkat laju kehilangan air bergantung pada permeabilitas kemasan terhadap uap air. Bahan seperti film polietilen merupakan bahan yang sangat baik sebagai barrier uap air.

Pada semua taraf kemasan, perlakuan suhu kamar menunjukkan penurunan bobot paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan suhu lainnya. Pada tiga perlakuan kemasan dibungkus, antar perlakuan suhu dingin (0°C, 5°C, dan 10°C) tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perubahan bobot KBDM. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kisaran tertentu (0 - 10°C) peningkatan suhu tidak memberikan pengaruh pada permeabilitas uap air dari plastik. Namun demikian ada kecenderungan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan baru dapat dilihat dengan jelas pada suhu kamar.

Perubahan kekerasan

Pelunakan akan berasosiasi dengan hilangnya integritas jaringan yang berakibat menurunkan kualitas bahan. Sampai pada batas tertentu pelunakan akan mengakibatkan penurunan mutu sehingga akhirnya tidak disukai konsumen atau tidak layak untuk dipasarkan (*unmarketable*). Salah satu variabel yang mengindikasikan pelunakan jaringan adalah nilai kekerasan. Penetrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan bahan dengan cara menusukkan jarum ke bagian jaringan dengan beban dan waktu tertentu. Semakin dalam penetrasi dari jarum tersebut menunjukkan semakin lunaknya suatu jaringan. Dengan kata lain semakin besar nilai kekerasan mengindikasikan semakin melunaknya jaringan tersebut.

Hasil analisis statistik (Tabel 3) menunjukkan adanya interaksi nyata antara suhu penyimpanan dengan kemasan plastik terhadap laju perubahan kekerasan KBDM selama penyimpanan. Pada semua taraf perlakuan kemasan, perlakuan suhu kamar menunjukkan tingkat laju perubahan kekerasan paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan suhu lainnya. Hal ini diduga karena terjadinya laju respirasi dan transpirasi yang tinggi sebagai akibat tingginya suhu penyimpanan.

Tabel 2. Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Kemasan terhadap Laju Perubahan Bobot (%/hari) KBDM Selama Penyimpanan

Suhu penyimpanan	Kemasan			
	Tanpa bungkus	Dibungkus *stretch film*	Dibungkus PE 0,03 mm	Dibungkus PE 0,05 mm
0 °C	1,47 b C	0,13 a B	0,02 a A	0,01 a A
5 °C	1,38 ab C	0,13 a B	0,02 a A	0,03 a A
10 °C	1,36 a C	0,14 a B	0,06 a AB	0,04 a A
Suhu kamar (21 ±2°C)	5,04 c C	1,18 b B	0,24 b A	0,18 b A

Keterangan: nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 3. Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Kemasan terhadap Laju Perubahan Kekerasan (mm/hari) KBDM Selama Penyimpanan

Suhu penyimpanan	Kemasan			
	Tanpa bungkus	Dibungkus *stretch film*	Dibungkus PE 0,03 mm	Dibungkus PE 0,05 mm
0 °C	0,15 b B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
5 °C	0,13 a B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
10 °C	0,12 a B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
Suhu kamar (21 ±2°C)	0,22 c D	0,07 b B	0,08 b C	0,05 b A

Keterangan:nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Pada semua taraf suhu penyimpanan, perlakuan kemasan tanpa bungkus memberikan efek terhadap tingginya laju perubahan kekerasan dan berbeda nyata dengan yang lainnya. Hal ini karena tidak adanya hambatan pergerakan udara sehingga akan memicu terjadinya transpirasi yang pada akhirnya akan mempercepat pelunakan jaringan.

Ada fenomena yang terjadi pada perlakuan kemasan tanpa bungkus yang disimpan pada suhu dingin (0°C, 5°C, dan 10°C) yaitu adanya kecenderungan peningkatan laju pelunakan yang lebih cepat seiring dengan penurunan suhu. Pada perlakuan kemasan dibungkus, penurunan suhu tersebut tidak berpengaruh terhadap pelunakan jaringan. Hal ini erat kaitannya dengan kehilangan air (Tabel 4) dimana laju kehilangan air meningkat seiring dengan penurunan suhu penyimpanan.

Pada taraf suhu kamar, laju perubahan kekerasan paling cepat dan berbeda nyata dengan perlakuan kemasan lainnya terjadi pada *styrofoam* tanpa bungkus, kemudian secara berturut-turut yang masing-masing berbeda nyata diikuti oleh perlakuan *styrofoam* dibungkus plastik PE 0,03 mm, styrofoam dibungkus stretch film, dan *styrofoam* dibungkus plastik PE 0,05 mm. Terjadinya laju perubahan kekerasan KBDM yang lambat pada KBDM yang dibungkus plastik PE 0,05 mm diduga karena tingkat permeabilitas terhadap uap air lebih rendah dibandingkan dengan kemasan lainnya, sehingga kelembaban relatif dalam kemasan tetap tinggi akibatnya tidak terjadi transpirasi. Pantastico (1989) menyatakan bahwa dalam kemasan film, kelembaban-nya dengan cepat akan naik bahkan bisa mencapai 100%.

Sejalan dengan itu Syarief *et al*. (1989) menyatakan bahwa untuk pengemasan produk segar seperti sayuran diperlukan jenis bahan kemasan plastik yang mempunyai permeabilitas relatif tinggi terhadap gas-gas CO_2 dan O_2 (agar terhindar dari kerusakan akibat akumulasi CO_2 dan berkurangnya konsentrasi O_2 di luar batas yang dapat menimbulkan kerusakan fisiologis) dan permeabilitas rendah terhadap uap air untuk menghindari kelayuan. Mangaraj *et al*. (2009) menyatakan polietilen (PE) merupakan penyangga yang baik terhadap uap air, tetapi kurang baik terhadap oksigen, karbondioksida serta beberapa senyawa aroma dan bau. Sejalan dengan itu Meir *et al*. (1995) menyatakan polietilen mampu menekan kehilangan air 40 – 50 % dari buah cabai merah yang disimpan selama 2 minggu pada suhu 7,5 °C.

Perubahan kadar air

Kehilangan air bahan selama penyimpanan tidak hanya menyebabkan penurunan bobot, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerusakan yang akhirnya berakibat menurunkan mutu KBDM. Sampai pada batas tertentu kehilangan air tidak akan banyak berpengaruh terhadap mutu bahan, namun ketika sampai pada batas minimal kehilangan air dapat menyebabkan kelayuan dan pengkeriputan sehingga kenampakannya menjadi kurang menarik dan teksturnya lunak dan akhirnya mengakibatkan terjadinya penurunan mutu.

Hasil analisis statistik (Tabel 4) menunjukkan adanya pengaruh interaksi nyata antara suhu penyimpanan dengan kemasan plastik terhadap laju perubahan kadar air KBDM selama penyimpanan. Pada semua taraf suhu penyimpanan, perlakuan kemasan tanpa bungkus menunjukkan terjadinya penurunan kadar air KBDM, sedangkan pada semua perlakuan kemasan dibungkus menunjukkan adanya peningkatan kadar air. Hal ini terjadi karena pada KBDM yang dikemas terbuka tidak ada *barrier* yang menyangga kontak bahan dengan udara bebas sehingga pergerakan udara di sekitar bahan lebih cepat dan laju transpirasi berjalan lebih cepat.

Tabel 4. Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Kemasan terhadap Laju Perubahan Kadar Air (%/hari) KBDM Selama Penyimpanan

Suhu penyimpanan	Kemasan			
	Tanpa bungkus	Dibungkus *stretch film*	Dibungkus PE 0,03 mm	Dibungkus PE 0,05 mm
0 °C	-0,19 a A	0,03 ab B	0,02 a B	0,01 a B
5 °C	-0,14 b A	0,02 a B	0,06 b C	0,04 b C
10 °C	-0,05 d A	0,04 b B	0,03 a B	0,04 b B
Suhu kamar (21 ±2 °C)	-0,08 c A	0,04 b B	0,14 c D	0,06 c C

Keterangan: nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf besar yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Pada KBDM yang dibungkus, terdapat barrier yang menyangga pergerakan uap air sehingga udara dalam kemasan menjadi basah, akibatnya tekanan uap air udara lebih tinggi dari tekanan uap air bahan. Pada kondisi seperti ini memungkinkan terjadinya proses difusi air ke dalam dinding sel. Inilah yang menyebabkan terjadinya penambahan kadar air KBDM.

Pada taraf kemasan terbuka, terjadi kecenderungan bahwa semakin rendah suhu penyimpanan menunjukkan laju kehilangan air yang semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan laju kekerasan yang menunjukkan bahwa pada suhu 0°C, perlakuan kemasan *styrofoam* tanpa bungkus memberikan nilai laju kekerasan paling tinggi yang berarti memiliki tekstur paling lunak. Fenomena ini membuktikan bahwa pada taraf suhu dingin (0 sampai 10°C), laju transpirasi akan semakin meningkat seiring dengan penurunan suhu. Hal ini dapat dijelaskan melalui pendekatan teori bagan psikrometrik dan konsep energi. Pada bagan psikrometrik menunjukkan bahwa pada kelembaban yang sama, penurunan suhu akan berakibat pada penurunan kadar air udara. Konsep energi mengemukakan bahwa air akan mengalir dari energi tinggi ke energi rendah. Pada ruang dengan kadar air udara lebih rendah, energi H_2O nya lebih kecil. Dengan asumsi kadar air bahan yang disimpan sama maka penurunan suhu akan menyebabkan peningkatan selisih energi H_2O antara bahan dengan udara. Peningkatan selisih ini berakibat pada peningkatan air yang hilang dari bahan. Oleh karena itulah maka kadar air yang hilang semakin banyak seiring dengan penurunan suhu penyimpanan.

Peningkatan kadar air selama penyimpanan pada KBDM dengan kemasan dibungkus terjadi akibat adanya jumlah air metabolit sebagai hasil samping proses respirasi lebih banyak dibandingkan dengan air

yang menguap melalui proses transpirasi, sehingga terjadi akumulasi air di antara sel. Hal serupa terjadi pada buah mangga yang disimpan dengan metoda atmosfir termodifikasi (Styadjit dan Syaifullah, 1992; Yulianingsih, 1995). Kehilangan air yang terjadi pada KBDM dengan kemasan tanpa bungkus (k_1) terjadi sebaliknya, yaitu air yang menguap melalui transpirasi lebih banyak dibanding dengan jumlah air metabolit hasil respirasi. Pantastico (1989) menyatakan bahwa selada yang dikemas dalam polietilen lebih sedikit kehilangan air dan dapat mempunyai ketahanan umur yang lebih panjang dibandingkan dengan yang tidak dikemas.

Simpulan

1. Pemilihan teknik pengemasan dapat mempengaruhi hasil guna pendinginan. Teknik pengemasan dengan pembungkusan terbukti meningkatkan hasil guna pendinginan dalam mempertahankan mutu KBDM dengan indikasi laju penurunan nilai L, bobot, dan kekerasan yang rendah.
2. KBDM yang dikemas dengan pembungkus PE 0,05 mm dan disimpan pada suhu dingin (0 dan 5°C) terbukti mengalami laju penurunan mutu paling lambat.
3. Pada penyimpanan suhu kamar, pengemas dengan pembungkus *stretch film* menunjukkan tingkat penurunan mutu KBDM paling rendah.

Daftar Pustaka

Mangaraj. S., E.T.K. Goswami, E.P.V. Mahajan. 2009. *Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review*. Food Eng Rev (2009) 1:133–158.

Meir. S., I. Rosenberger, Z. Aharon, S. Grinberg, and E. Fallik. 1995. *Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. 'Maor') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature*. Postharv. Biol. and Technol. 5 (4) : 303-309.

Muchtadi, D. 1992. *Petunjuk Laboratorium. Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-buahan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor. IPB Press.

Muchtadi, T.R. dan Sugiono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor. IPB Press.

Musaddad, D. 2011. *Penetapan Parameter Mutu Kritis untuk Menentukan Umur Simpan Kubis Bunga Fresh-cut*. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah. 3 (1) : 46-55.

Pantastico, Er. B. 1989. *Fisiologi Pasca Panen: Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Edisi Bahasa Indonesia*, cetakan kedua. Diterjemahkan oleh Kamariyani. (Tjitrosoepomo, G. Ed.). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Phan C.T. 1987. *Effect on metabolism*. p.173-180. In J. Weichmann (ed.). Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker. Inc., New York.

Reyes, V.G. 1998. *Packaging and shelf-life extension of fresh and minimally processed fruits and vegetables*. Bul. Pascapanen Hort. 1(3): 1-5.

Sapers. G.M., R.E. Miller, F.C. Miller, P.H. Cooke and C.W. Choi. 1991. *Enzimatic Browning Control In Minimally Processed Mushroom*. J. Food Sci. 59(5): 1042-1047.

Styadjit dan Sjaifullah. 1992. *Pengaruh Ketebalan Plastik Untuk Penyimpanan Atmosfir Termodifikasi Mangga cv. Arumanis Dari Indramayu*. J. Hort. 6(4):411-419.

Syarief. R., S. Santausa dan Isyana. St. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Bogor: PAU-IPB.

Tranggono. 1988. teknologi pasca panen. *PAU- Pangan dan Gizi*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Weichmann. J. 1987. *Postharvest Physiology Of Vegetables. Germany : Faculty Of Agricultural Sciense, Vegetable Crops Science Institute*, Technical University Of Munich, Freising-Weihenstephan.

Wills. R., B. McGlasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. *Postharvest An Introduction To The Physiology & Handling Of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. 4th ed. Adelide. South Australia : Hyde Park Press.

Yulianingsih. 1995. *Pengaruh Penyimpanan Sistem Atmosfir Termodifikasi Terhadap Perkembangan Penyakit Antraknosa (Colletotrichum gloeosporioides PENZ.)* Pada Buah Mangga (Mangifera indica L.) cv. Gedong. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.