

Laju Perubahan Mutu Kubis Bunga Diolah Minimal pada Berbagai Pengemasan dan Suhu Penyimpanan (*The Rate of Quality Changes in Minimally Processed Cauliflowers at Various Packaging and Storage Temperatures*)

Musaddad, D¹⁾, Setiasih, IS²⁾, dan Kastaman, R²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung Barat 40791

²⁾ Fakultas Teknologi Industri Pertanian UNPAD, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21, Jatinangor, Sumedang

E-mail: dar_musaddad@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 2 April 2013 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 2 Mei 2013

ABSTRAK. Pengolahan minimal merupakan salah satu invensi teknologi penting dalam mengatasi dinamika sosial konsumen yang dalam memenuhi kebutuhannya menginginkan kecepatan, kemudahan, dan keamanan. Namun demikian, luka akibat pengolahan minimal dapat mempercepat penurunan mutu. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengemasan terhadap perubahan mutu kubis bunga diolah minimal (KBDM) selama penyimpanan pada berbagai suhu. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi Pascapanen, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang mulai dari Bulan Januari sampai Juni 2012. Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan acak kelompok pola split plot diulang tiga kali dengan suhu penyimpanan sebagai petak utama, terdiri atas empat taraf yaitu 0, 5, dan 10°C dengan RH 90±2%, serta suhu kamar dengan RH 80 ± 5% dan teknik pengemasan sebagai anak petak terdiri atas empat taraf (tanpa bungkus, dibungkus *stretch film*, dibungkus PE 0,03, dan dibungkus PE 0,05). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pengemasan menggunakan pembungkus terbukti meningkatkan hasil guna pendinginan dalam mempertahankan mutu KBDM. Pada penyimpanan suhu dingin, kemasan dengan pembungkus PE 0,05 menunjukkan laju penurunan mutu paling lambat, sedangkan pada penyimpanan suhu kamar, tingkat penurunan mutu KBDM paling lambat ditunjukkan oleh kemasan dengan pembungkus *stretch film*. Hasil penelitian ini memberikan informasi teknologi penanganan segar sayuran diolah minimal, sehingga dapat disimpan lebih lama.

Katakunci: Pengemasan; Pendinginan; Pengolahan minimal; Kualitas; *Brassica oleracea* var. *botrytis*

ABSTRACT. Minimally processing is one of promising technology inventions to anticipate social dynamic of the consumers in meeting their needs for fast, simple, and safe food. However, the wound caused by minimally processed can speed up quality deterioration. The objective of this research were to find out the effect of packaging on the quality changes of minimally processed cauliflower (MPC) during period of storage at several temperatures. The study was conducted at Postharvest Physiology Laboratory, Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang from January to June 2012. The experiment was conducted using RBD in a split plot design with three replications. The main plot was storage temperatures four levels (0, 5, and 10°C with RH 90±2%, and ambient temperature with RH 80 ± 5%), subplot was packaging technique four levels (without wrapped, wrapped with stretch film, PE 0.03, and PE 0.05). The results indicated that packaging technique with wrapped proved increased effectiveness of refrigeration to quality maintenance of MPC. At the chilling temperatures, using PE 0.05 showed the best ability to reduce the rate of quality decline, whereas at ambient temperature, the lowest degradation rate was indicated by stretch film wrapping. The results provide information about fresh handling of minimally processed vegetables techniques that can be prolong of shelflife.

Keywords: Packaging; Refrigeration; Minimally processed; Quality; *Brassica oleracea* var. *botrytis*

Pengolahan minimal dalam bentuk potongan segar menjadi alternatif yang dapat dilakukan untuk mempercepat dan mempermudah proses pengolahan, meningkatkan keamanan dan mutu, memperluas jangkauan distribusi, dan mengurangi limbah berupa sampah yang berpotensi mencemari lingkungan. Namun demikian, pemotongan yang dilakukan pada proses tersebut menyebabkan jaringan menjadi terluka dan menimbulkan tingginya laju respirasi, mempercepat kehilangan air, dan mempermudah terjadinya kerusakan oleh mikroba, sehingga mutu bahan lebih mudah mengalami penurunan dibandingkan dengan produk utuh (Dong *et al.* 2000, Del-Aguila *et al.* 2006). Sapers *et al.* (1991) menyatakan bahwa luka

pada jaringan menyebabkan berkurangnya keutuhan sel, sehingga menyebabkan peningkatan laju respirasi, degradasi membran lipid, reaksi pencoklatan, dan laju transpirasi yang pada akhirnya berdampak pada penurunan mutu.

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mempertahankan mutu sekaligus memperpanjang umur simpan produk diolah minimal antara lain menggunakan desinfektan, suhu rendah, peningkatan kelembaban, penggunaan pengemas yang protektif, pengemasan atmosfer termodifikasi, penggunaan bahan pengawet, pelapisan edibel (*edible coating*), perlakuan pemanasan, penurunan aktivitas air, dan irradiasi (Reyes 1998).



Penyimpanan pada suhu rendah (pendinginan) merupakan cara untuk menghambat laju penurunan mutu sayuran melalui dua prinsip dasar, yaitu memperlambat kecepatan reaksi metabolisme, sehingga dapat menghambat laju kemunduran fisiologis dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab busukan dan kerusakan. Prinsip yang pertama mengacu pada teori yang menyatakan bahwa setiap penurunan suhu sebesar 8°C, maka kecepatan reaksi metabolisme berkurang setengahnya. Prinsip kedua dapat efektif jika bahan pangan dibersihkan dulu sebelum pendinginan (Phan1987).

Kubis bunga diolah minimal (KBDM) merupakan kubis bunga yang dibuang bagian bonggol dan daunnya, kemudian dipotong dan diiris sampai menjadi bentuk dan ukuran sesuai untuk dikonsumsi. Bahan tersebut masih melakukan aktivitas fisiologis dan transpirasi, sehingga perlu dilakukan pemilihan kemasan yang dapat mengendalikan transmisi uap air dengan tingkat permeabilitas terhadap udara yang sesuai untuk kemudian dapat memberikan pengaruh positif terhadap kelangsungan hidupnya. Ben-Yehosua (1985) menyatakan bahwa upaya menjaga kondisi atmosfer internal (*microatmosphere*) melalui pembungkusan buah dengan plastik film dapat menghambat penurunan integritas membran dan pelunakan. Sirichote *et al.* (2008) menyatakan bahwa metode prosesing, film pengemas, dan suhu penyimpanan merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas rambutan diolah minimal. Rajkumar & Mitali (2009) juga melaporkan bahwa penggunaan polietilen tertutup pada penyimpanan suhu dingin sangat efektif dalam memperpanjang umur simpan jambu air.

Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengemasan terhadap perubahan mutu KBDM selama penyimpanan pada berbagai suhu penyimpanan. Hipotesis dari penelitian ialah diperkirakan terjadi interaksi nyata antara kemasan plastik dan suhu penyimpanan terhadap perubahan mutu KBDM.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dari Bulan Januari sampai dengan Juni 2012 di Laboratorium Pascapanen, Balai Penelitian Tanaman Sayuran di Lembang. Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas kubis bunga varietas Cempaka (lokal Lembang) yang dipanen dari kebun petani di Desa Cibogo, Kecamatan Lembang, Bandung. Kubis bunga dipanen pada tingkat kematangan 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 ialah gas oksigen murni (90 sampai 95%) untuk keperluan ozonisasi KBDM saat pencucian, air pencuci (berasal dari mata air), baki *styrofoam* (panjang 19 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 4 cm), plastik *wrapping/stretch film*, kantong plastik polietilen (PE) 0,03, dan 0,05 mm serta bahan pembantu lainnya.

Peralatan yang digunakan pada penelitian terdiri atas peralatan pengolahan, pengemasan, penyimpanan produk, dan peralatan analisis bahan, meliputi pisau *stainless*, baskom plastik, *ozone processor* (Ozonics Corporation) untuk pembuatan ozon yang kemudian dilarutkan dalam air, sehingga terbentuk air berozon, alat peniris tipe sentrifugasi (*spiner*), *sealer*, rak penyimpanan, ruang pendingin, serta alat bantu lainnya.

Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak kelompok pola petak terpisah (*split plot design*) dengan tiga kali ulangan dan dua faktor perlakuan yaitu suhu penyimpanan (faktor S) sebagai petak utama terdiri atas empat taraf ($s_1 = 0^\circ\text{C}$, $s_2 = 5^\circ\text{C}$, $s_3 = 10^\circ\text{C}$ dengan RH $90 \pm 2\%$, dan $s_4 =$ suhu kamar dengan RH $80 \pm 5\%$) dan teknik pengemasan (faktor K) sebagai subplot terdiri atas empat taraf ($k_1 =$ *styrofoam* tanpa bungkus, $k_2 =$ *styrofoam* dibungkus *stretch film*, $k_3 =$ *styrofoam* dibungkus PE 0,03 mm, dan $k_4 =$ *styrofoam* dibungkus PE 0,05 mm).

Peubah yang diamati sebagai respons dari kombinasi suhu penyimpanan dan teknik pengemasan ialah (1) warna (nilai L chromameter), (2) susut bobot (gravimetri), (3) kekerasan (penetrometer), dan (4) kadar air (gravimetri). Pengamatan terhadap peubah-peubah tersebut dilakukan pada saat sebelum perlakuan, umur 3 hari penyimpanan, 10 hari penyimpanan, dan selanjutnya dilakukan dengan selang waktu 10 hari sampai menunjukkan kondisi kritis (tidak layak dipasarkan). Penetapan waktu pengamatan didasarkan pada hasil penelitian pendahuluan bahwa KBDM yang disimpan pada suhu kamar mencapai titik kritis pada penyimpanan hari ketiga, sedangkan untuk suhu dingin bergantung pada taraf suhunya dengan waktu maksimal 50 hari. Penentuan titik kritis dilakukan berdasarkan uji hubungan penerimaan panelis dengan hasil uji obyektif yang hasilnya menunjukkan bahwa batas penerimaan terendah dari panelis berhubungan erat dengan nilai L/lightness yaitu 78,51. Pada KBDM dengan nilai L tersebut nampak ada bintik-bintik hitam pada mahkota bunga sekitar $\leq 15\%$ dari luas permukaan. Data yang terkumpul kemudian dihitung laju perubahannya dengan metode regresi yang prinsipnya ialah menghitung selisih perubahan dari setiap peubah dibagi dengan lama waktu penyimpanan, sehingga diperoleh laju perubahan per hari. Oleh



karena setiap perlakuan diduga memiliki efek yang berbeda, maka frekuensi dan batas waktu pengamatan untuk setiap perlakuan akan berbeda pula.

Cara Pengukuran Sebagai Berikut:

Warna

Alat yang digunakan untuk mengukur derajat warna ialah chromameter (Konica Minolta, seri CR 400). Sebelum digunakan alat dikalibrasi dahulu dengan cara menembakkan sinar pada alat tersebut ke permukaan porselin warna putih, sehingga muncul nilai $Y = 93,8$; $x = 0,3133$; $y = 0,3194$, atau setara dengan $L^* = 95,67$; $a^* = -0,09$; $b^* = 2,98$. Langkah berikutnya menembakkan alat tersebut ke bagian mahkota bunga, sehingga muncul nilai L^* , a^* , b^* . Pada penelitian ini hanya diambil nilai L^* yang menunjukkan kecerahan sampel dengan kisaran nilai 0 (gelap) sampai 100 (cerah). Semakin tinggi nilai L^* mengindikasikan warna kubis bunga semakin cerah.

Susut bobot

Pengukuran susut bobot menggunakan metode gravimetri yaitu berdasarkan persentase berat bahan *netto*, setelah dikurangi bobot kemasan (pengukuran dilakukan tanpa membuka kemasan) sejak awal sampai akhir penyimpanan. Untuk mengukur susut bobot digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Susut bobot (\%)} = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\%$$

dimana:

W_a = Bobot bahan awal penyimpanan (g),

W_b = Bobot bahan akhir penyimpanan (g) hari ke-n

Kekerasan

Pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan alat penetrometer dengan beban 50 g dalam waktu 10 detik. Pengukuran dilakukan dengan cara menusukkan jarum ke bagian permukaan tangkai bunga dalam waktu 10 detik. Nilai kekerasan terlihat setelah menekan bagian tombol yang ada di bagian atas alat tersebut dengan skala mm. Kedalaman penetrasi jarum diindikasikan oleh nilai yang muncul. Nilai hasil baca yang semakin besar menunjukkan adanya penetrasi yang semakin dalam yang berarti bahan tersebut semakin lunak, demikian sebaliknya. Oleh karena menggunakan beban 50 g dan ditekan dalam waktu 10 detik, maka satuannya menjadi mm/50 g/10 detik.

Kadar air

Pengujian dimulai dengan mengeringkan cawan kosong dalam oven, mendinginkannya dalam

desikator, kemudian menimbang sebanyak 5 g bahan yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam cawan yang kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C. Pemanasan dilakukan selama 6 jam, kemudian didinginkan dengan desikator dan ditimbang kembali. Pekerjaan dihentikan bila sudah diperoleh berat yang konstan. Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\% bobot basah)} = \frac{\text{Kehilangan bobot (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

Tahapan proses dari penelitian ini meliputi penyiapan bahan baku, sortasi, proses pengolahan minimal (*cutting*), pencucian, penirisan, pengemasan (sesuai perlakuan dengan kondisi tumpukan agak padat dan bobot bersih bahan setiap unit pengemas 200 g), dan penyimpanan pada ruangan sesuai dengan perlakuan. Pencucian dilakukan dengan cara merendamkan KBDM ke dalam air berozon konsentrasi 1 ppm selama 5 menit (Musaddad 2013). Metode pencucian tersebut dapat mereduksi total mikrobahan 1,09 log CFU/g, 59% residu deltametrin dan menghambat *browning*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan mutu suatu produk dapat diketahui dari perubahan atributnya. Kesegaran merupakan atribut penting yang menentukan mutu produk segar, termasuk KBDM. Kesegaran merupakan ekspresi dari berbagai variabel mutu seperti kenampakan, tekstur, aroma, dan cita rasa. Sabari *et al.* (1994) menyatakan bahwa sifat-sifat penting yang menentukan kualitas kubis bunga ialah kepadatan, warna, keutuhan, dan diameter bunga. Laju respirasi yang cepat menjadi ciri sayuran ini karena bagian bunga merupakan organ tanaman yang disusun oleh jaringan muda, sehingga masih lunak, mengandung kadar air, dan sangat aktif dalam proses biologis. Karena itu komoditas ini mempunyai daya tahan simpan sangat rendah.

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 normal, maka bahan tersebut menjadi tidak layak jual (*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

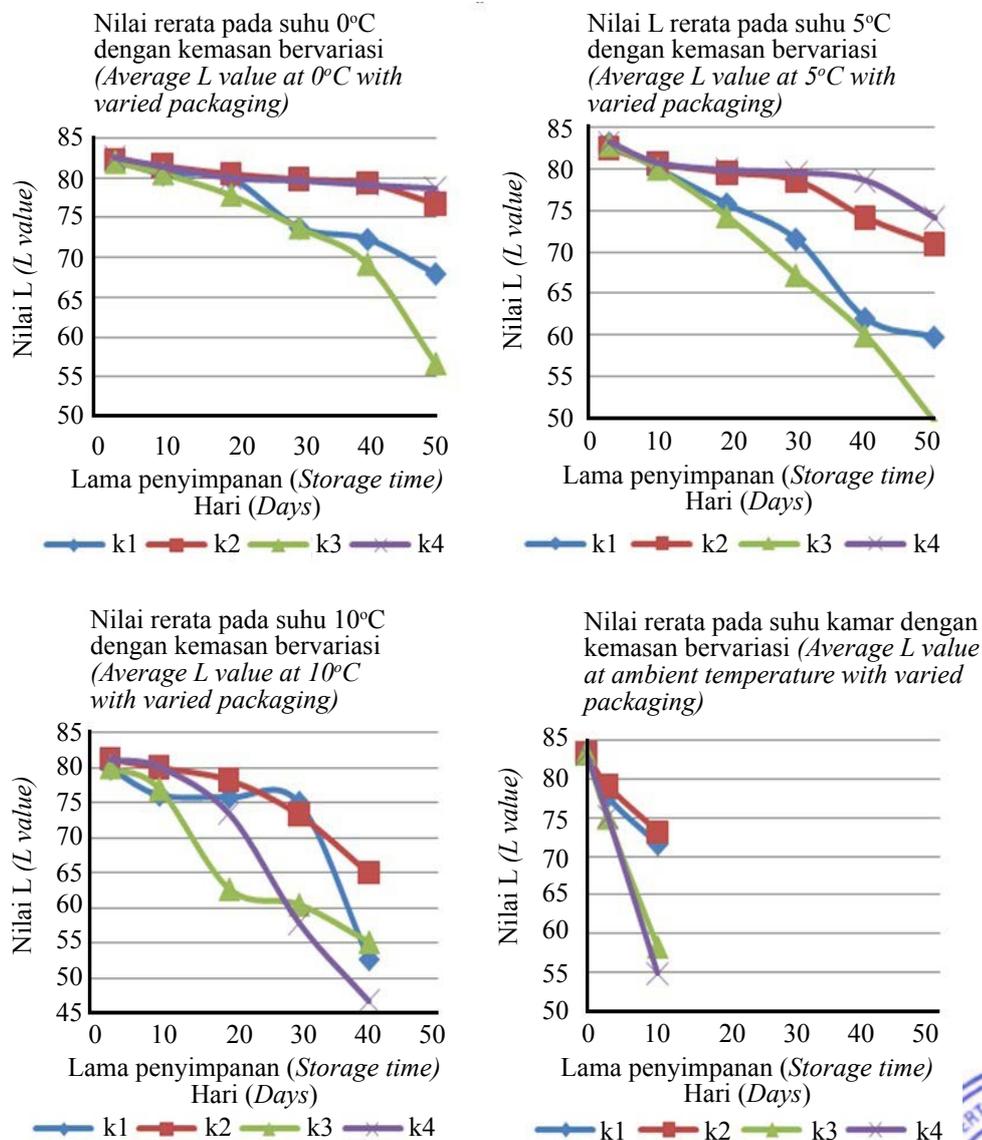


kuning kecoklatan atau terjadi bintik-bintik hitam yang semakin lama semakin meluas sampai akhirnya menutupi seluruh permukaan mahkota. Hal ini diduga karena adanya kematian sel sebagai akibat proses metabolisme yang terus terjadi selama penyimpanan. Muchtadi (1992) menyatakan bahwa pada kondisi segar umumnya susunan sel masih baik, namun seiring dengan berjalannya proses respirasi selama penyimpanan, maka kloroplas terfragmentasi, endoplasmik retikula terdegradasi, dan sitoplasma penuh dengan produk-produk hasil degradasi, namun mitokondria masih tetap utuh. Pada stadia lanjut, kloroplas menghilang, demikian pula endoplasmik retikula, sedangkan mitokondria mulai mengalami degradasi. Kerusakan mitokondria menimbulkan penafsiran bahwa suplai energi untuk keperluan metabolisme sel berkurang dan akhirnya berhenti, sehingga menyebabkan terjadinya kematian sel.

Hasil pengamatan terhadap nilai L KBDM selama penyimpanan disajikan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai L KBDM untuk semua perlakuan kemasan pada setiap taraf suhu penyimpanan mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan.

Hasil analisis statistik (Tabel 1) menunjukkan terjadinya interaksi nyata antara suhu penyimpanan dan 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 tiga perlakuan suhu lainnya. Sebaliknya perlakuan suhu kamar menunjukkan laju perubahan yang paling tinggi dan berbeda nyata dengan tiga perlakuan suhu lainnya.

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



Gambar 1. Laju perubahan nilai L KBDM selama penyimpanan pada berbagai suhu dan kemasan (*The rate of L value changes in MPC during storage at various temperatures and packaging*)

Tabel 1. Pengaruh suhu penyimpanan dan kemasan terhadap laju perubahan nilai L (skala/hari) KBDM selama penyimpanan (Effect of storage temperature and packaging on rate of L value changes (scale/day) in MPC during storage)

Suhu penyimpanan (Storage temperature) °C	Kemasan (Packaging)			
	Tanpa bungkus (Without wrapp)	Dibungkus <i>stretch</i> <i>film</i> (Wrapped with <i>stretch</i> film)	Dibungkus PE 0,03 mm (Wrapped with PE 0.03 mm)	Dibungkus PE 0,05 mm (Wrapped with PE 0.05 mm)
0	0,30 a B	0,12 a A	0,52 a C	0,08 a A
5	0,49 c B	0,24 b A	0,69 b C	0,24 b A
10	0,42 b A	0,72 c C	0,66 b B	0,88 c D
Suhu kamar (Ambient temperature)(21 ±2°C)	1,16 d B	1,01 d A	2,51 c C	2,85 d D

KK (CV), 4,26%

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama (huruf kecil) dan pada baris yang sama (huruf besar) tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda duncan pada P 0,05 (Mean followed by the same letters both in the same columns (small letters) and the same rows (capital letters) are not significantly different according to Duncan's multiple range test at P 0.05).

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. 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.

Pada kondisi tanpa bungkus, O₂ selalu tersedia dan CO₂ yang dihasilkan menguap ke udara bebas, sehingga komposisi udara relatif tetap dan respirasi berjalan normal. Pada kondisi KBDM dibungkus, terjadi pengurangan O₂ dan akumulasi CO₂ yang sampai pada batas tertentu dapat memperlambat laju respirasi. Kader (1986) menyatakan bahwa pada kondisi atmosfir sekitar komoditas mengandung O₂ rendah (<8%) dan CO₂ tinggi (> 1%) terjadi penurunan laju respirasi, sintesis etilen, perubahan tekstur, kerusakan fisiologis, dan serangan patogen, sehingga dapat menghambat pematangan dan *sinescence* serta memperpanjang umur simpan produk. Namun seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan, laju respirasi meningkat, sehingga terjadinya penurunan O₂ dan akumulasi CO₂ berjalan semakin cepat. Akibatnya dapat mempercepat terjadinya kondisi *anoksik* yang dapat 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.

Noomhorm & Potey (1993) menyatakan berdasarkan pada perubahan warna, kekerasan, dan susut bobotnya, pisang segar yang dikemas dengan PE dengan penambahan absorben etilen dapat memperpanjang umur simpan sekitar 12 dan 22 hari dibandingkan dengan 6 dan 8 hari pada perlakuan tanpa kemasan pada temperatur secara berturut-turut 23 dan 30°C.

Berdasarkan perubahan nilai L, maka perlakuan terbaik ialah suhu 0 dan 5°C dengan teknik pengemasan *styrofoam* dibungkus *stretch film* dan PE 0,05 mm.

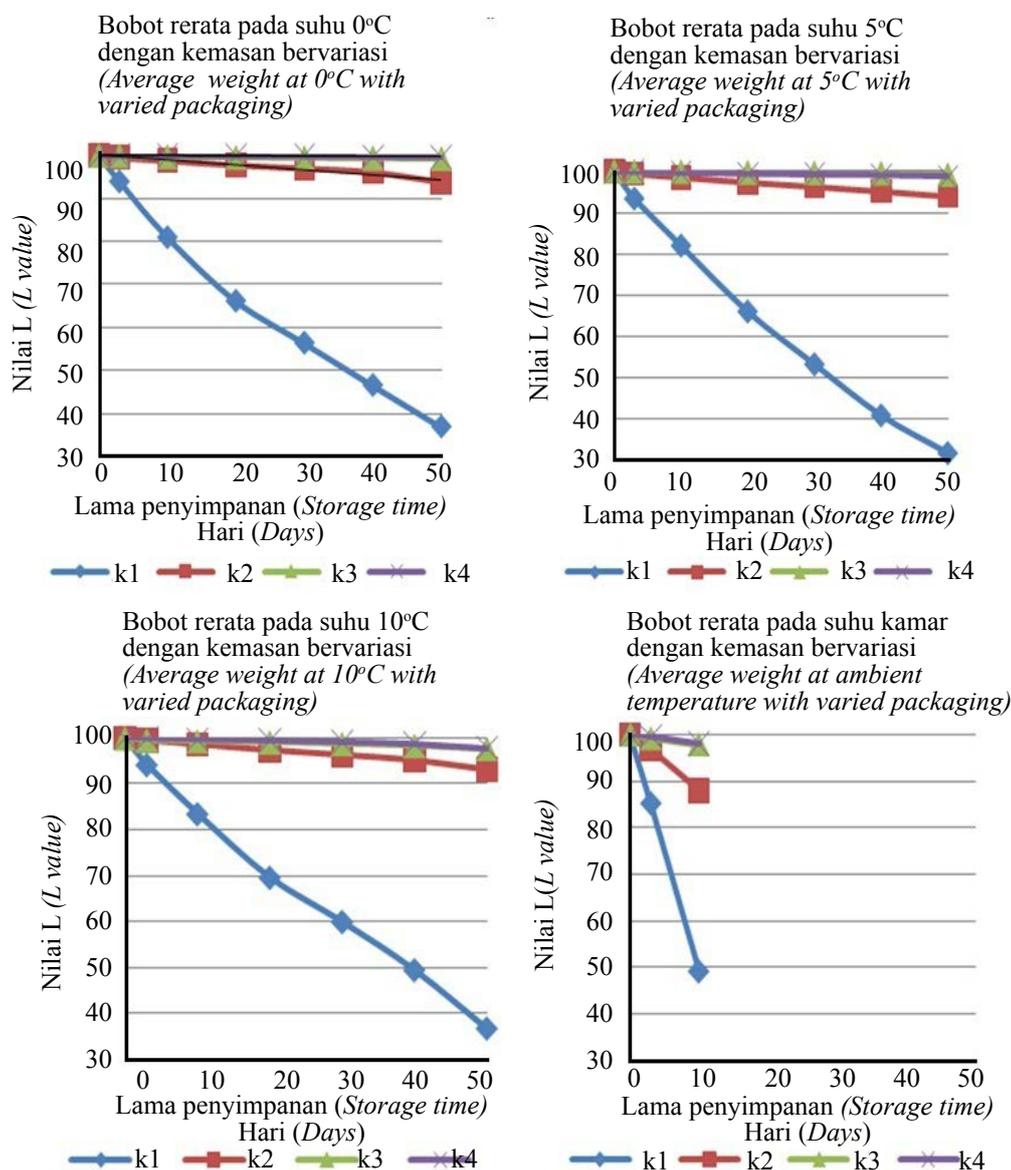
Perubahan Bobot

Hasil pengamatan terhadap nilai L KBDM selama penyimpanan disajikan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada semua taraf suhu penyimpanan, perlakuan *styrofoam* tanpa bungkus (k1) memberikan laju penurunan bobot lebih cepat, sedangkan pada perlakuan-perlakuan kemasan dibungkus laju penurunan bobotnya berjalan lambat.

Penurunan bobot atau kehilangan bobot 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 dan 0,05 mm menunjukkan





Gambar 2. Laju perubahan bobot KBDM selama penyimpanan pada berbagai suhu dan kemasan (The rate of weight changes in MPC during storage at various temperatures and packaging)

Tabel 2. Pengaruh suhu penyimpanan dan kemasan terhadap laju perubahan bobot KBDM (%/hari) selama penyimpanan (Effect of storage temperature and packaging on rate of weight changes in MPC (%/day) during storage)

Suhu penyimpanan (Storage temperature) °C	Kemasan (Packaging)			
	Tanpa bungkus (Without wrap)	Dibungkus stretch film (Wrapped with stretch film)	Dibungkus PE 0,03 mm (Wrapped with PE 0.03 mm)	Dibungkus PE 0,05 mm (Wrapped with PE 0.05 mm)
0	1,47 b C	0,13 a B	0,02 a A	0,01 a A
5	1,38 ab C	0,13 a B	0,02 a A	0,03 a A
10	1,36 a C	0,14 a B	0,06 a AB	0,04 a A
Suhu kamar (Ambient temperature) (21 ±2°C)	5,04 c C	1,18 b B	0,24 b A	0,18 b A

KK (CV), 7,59%



perubahan bobot paling kecil dan di antara keduanya tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pembungkusan dapat 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 memasukkan 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. Setyadjit & Sjaifullah (1994) menyatakan bahwa suhu tinggi menyebabkan proses transpirasi lebih cepat daripada suhu rendah. Transpirasi yang tinggi dapat menurunkan kadar air buah manggis, sehingga susut bobot menjadi besar. Selain itu suhu tinggi menyebabkan respirasi meningkat. Oleh karena pada proses respirasi terjadi pemecahan senyawa organik hasil fotosintesis menjadi CO₂ dan air, sehingga berat buah berkurang.

Pada tiga perlakuan kemasan dibungkus, antar-perlakuan suhu dingin (0, 5, 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 bobot meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan baru dapat dilihat dengan jelas pada suhu kamar.

Berdasarkan perubahan bobot, maka perlakuan kemasan terbaik untuk semua taraf suhu penyimpanan ialah *styrofoam* dibungkus PE 0,03 dan 0,05 mm.

Perubahan Kekerasan

Pelunakan berasosiasi dengan hilangnya integritas jaringan yang berakibat menurunnya kualitas bahan. Sampai pada batas tertentu pelunakan dapat mengakibatkan penurunan mutu, sehingga akhirnya tidak disukai konsumen atau tidak layak untuk dipasarkan (*unmarketable*). Salah satu variabel yang mengindikasikan pelunakan jaringan ialah 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 jarum tersebut menunjukkan semakin lunaknya suatu jaringan. Dengan kata lain semakin besar nilai kekerasan mengindikasikan semakin melunaknya jaringan tersebut.

Hasil pengamatan terhadap kekerasan KBDM selama penyimpanan disajikan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai kekerasan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya waktu penyimpanan.

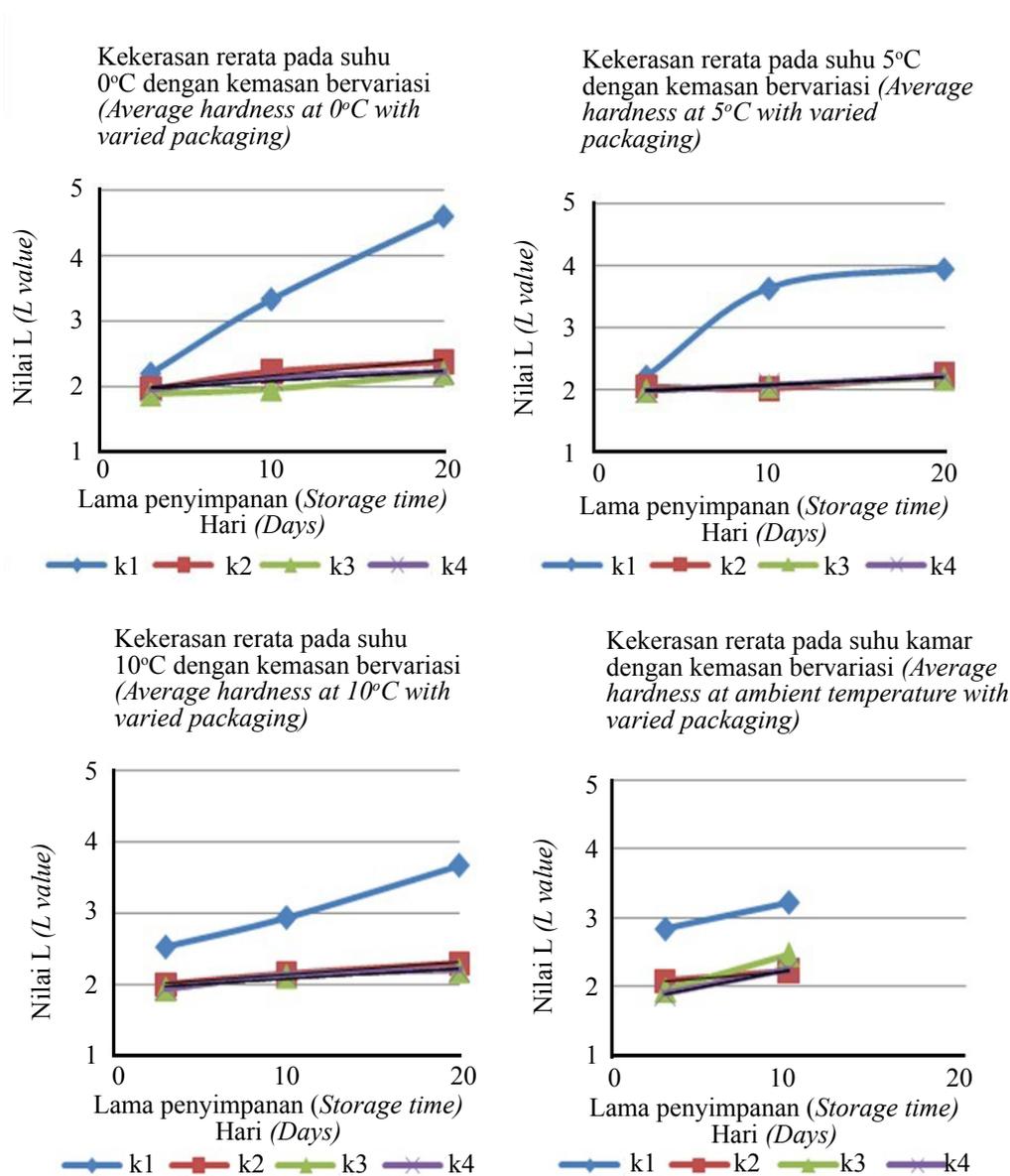
Hasil analisis statistik (Tabel 3) menunjukkan adanya interaksi nyata antara suhu penyimpanan dengan kemasan plastik terhadap laju perubahan kekerasan KBDM selama penyimpanan. Pada semua taraf perlakuan kemasan, perlakuan suhu kamar menunjukkan tingkat laju perubahan kekerasan paling tinggi dan berbeda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

Pada semua taraf suhu penyimpanan, perlakuan kemasan tanpa bungkus memberikan efek terhadap tingginya laju perubahan kekerasan dan berbeda nyata

Tabel 3. Pengaruh suhu penyimpanan dan kemasan terhadap laju perubahan kekerasan (mm/hari) KBDM selama penyimpanan (*Effect of storage temperature and packaging on rate of hardness changes (mm/day) in MPC during storage*)

Suhu penyimpanan (Storage temperature) °C	Kemasan (Packaging)			
	Tanpa bungkus (Without wrapp)	Dibungkus stretch film (Wrapped with stretch film)	Dibungkus PE 0,03 mm (Wrapped with PE 0.03 mm)	Dibungkus PE 0,05 mm (Wrapped with PE 0.05 mm)
0	0,15 b B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
5	0,13 a B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
10	0,12 a B	0,04 a A	0,03 a A	0,03 a A
Suhu kamar (Ambient temperature) (21 ±2°C)	0,22 c D	0,07 b B	0,08 b C	0,05 b A
KK(CV), 12,25%				





Gambar 3. Laju perubahan kekerasan KBDM selama penyimpanan pada berbagai suhu dan kemasan (The rate of hardness changes in MPC during storage at various temperatures and packaging)

dengan yang lainnya. Hal ini karena tidak adanya hambatan sirkulasi udara, sehingga dapat memicu terjadinya peningkatan transpirasi yang pada akhirnya dapat mempercepat pelunakan jaringan.

Fenomena yang terjadi pada perlakuan kemasan tanpa bungkus yang disimpan pada suhu dingin (0, 5, 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) di mana 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. Mangaraj *et al.* (2009) menyatakan PE merupakan penyangga yang baik terhadap uap air, tetapi kurang baik terhadap oksigen, karbondioksida, serta beberapa senyawa aroma dan bau. Sejalan dengan itu Ben-Yehosua *et al.* (1983) melaporkan bahwa pada jeruk dan paprika,



perubahan tekstur buah dan umur simpan berhubungan erat dengan penurunan potensial air bahan.

Berdasarkan perubahan kekerasan tangkai bunga, maka perlakuan kemasan terbaik untuk suhu dingin (0, 5, dan 10°C) ialah kemasan yang dibungkus baik dengan *stretch film* maupun PE.

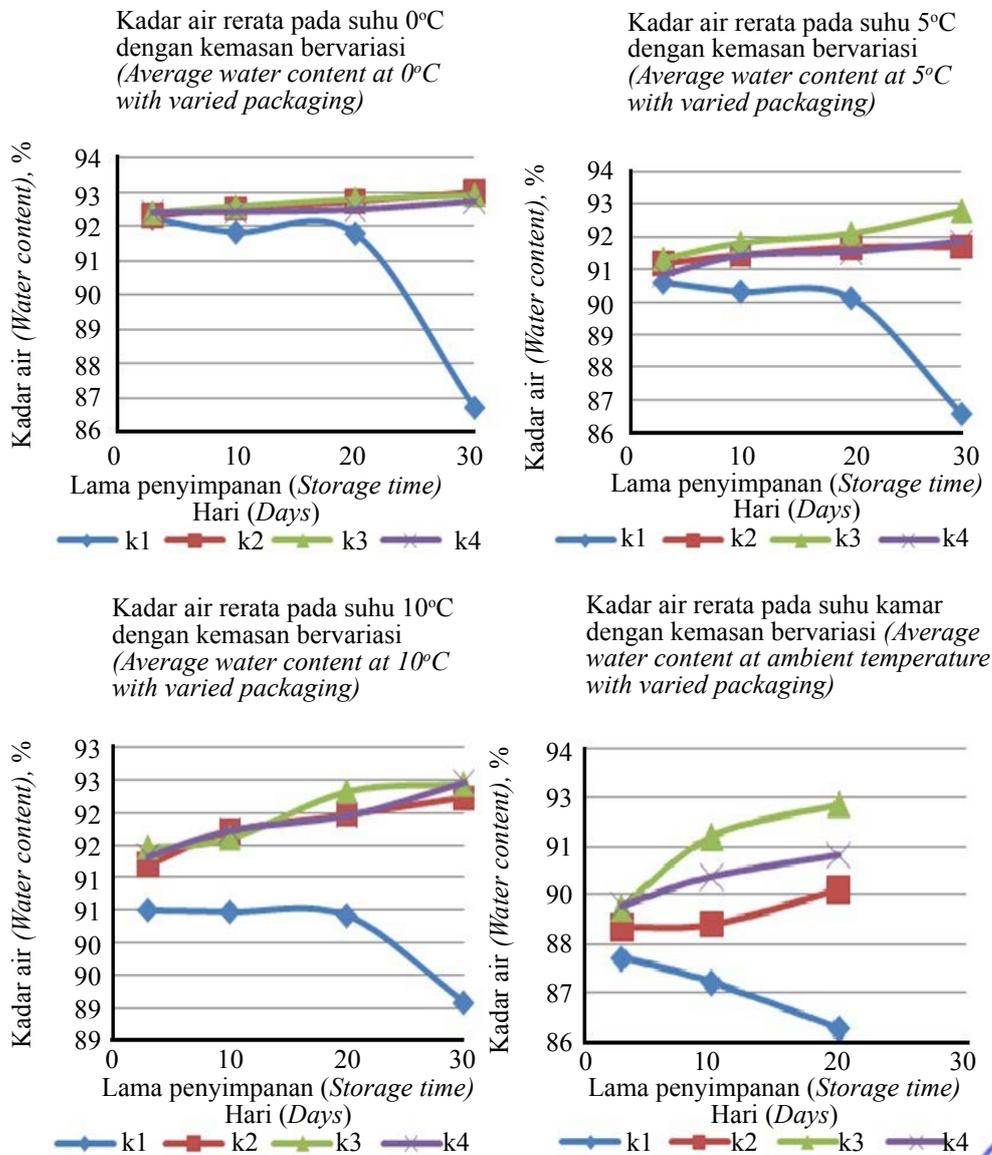
Perubahan Kadar Air

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 banyak berpengaruh terhadap mutu bahan, namun ketika sampai pada batas minimal kehilangan air dapat menyebabkan kelayuan dan pengeriputan, sehingga penampakkannya menjadi

kurang menarik, teksturnya lunak, dan akhirnya mengakibatkan terjadinya penurunan mutu.

Hasil pengamatan terhadap kadar air KBDM selama penyimpanan disajikan pada Gambar 4. Pada semua taraf kemasan *styrofoam* dibungkus menunjukkan adanya peningkatan kadar air secara gradual seiring dengan lamanya waktu penyimpanan, sedangkan pada perlakuan *styrofoam* tanpa bungkus menunjukkan kadar air yang semakin menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Fenomena tersebut terjadi pada semua taraf suhu penyimpanan.

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



Gambar 4. Laju perubahan kadar air KBDM selama penyimpanan pada berbagai suhu dan kemasan (The rate of water content changes in MPC during storage at various temperatures and packaging)



Tabel 4. Pengaruh suhu penyimpanan dan kemasan terhadap laju perubahan kadar air KBDM (%/hari) selama penyimpanan (Effect of storage temperature and packaging on rate water content changes in MPC (%/day) during storage)

Suhu penyimpanan (Storage temperature) °C	Kemasan (Packaging)			
	Tanpa bungkus (Without wrap)	Dibungkus stretch film (Wrapped with stretch film)	Dibungkus PE 0,03 mm (Wrapped with PE 0.03 mm)	Dibungkus PE 0,05 mm (Wrapped with PE 0.05 mm)
0	-0,19 a A	0,03 ab B	0,02 a B	0,01 a B
5	-0,14 b A	0,02 a B	0,06 b C	0,04 b C
10	-0,05 d A	0,04 b B	0,03 a B	0,04 b B
Suhu kamar (Ambient temperature) (21 ±2°C)	-0,08 c A	0,04 b B	0,14 c D	0,06 c C
KK (CV), 20,63%				

menunjukkan terjadinya penurunan kadar air KBDM (ditunjukkan dengan tanda minus), 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.

Pada KBDM yang dibungkus, terdapat *barrier* yang menyangga pergerakan uap air, sehingga udara dalam kemasan menjadi basah karena penambahan uap air bahan akibat adanya respirasi. Proses tersebut dapat mengaktifkan enzim dalam sel bahan. Aktivitas enzim ini dapat meningkatkan hidrolisis zat-zat dalam sel tersebut. Menurut Winarno (1989), proses hidrolisis menghasilkan CO₂ dan H₂O, sehingga dapat meningkatkan kandungan air. 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. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Singh & Sagar (2010) yang melaporkan bahwa sayuran daun yang dikemas mengalami peningkatan kadar air selama penyimpanan dan peningkatan pada suhu kamar relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu rendah.

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 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 uap air. Konsep energi mengemukakan bahwa air mengalir dari energi tinggi ke energi rendah. Pada ruang dengan kadar air udara lebih rendah, energi H₂O-nya lebih kecil. Dengan asumsi kadar air bahan yang disimpan sama, maka penurunan suhu dapat menyebabkan peningkatan selisih energi H₂O antara bahan dengan udara. Peningkatan selisih ini berakibat pada peningkatan air yang hilang dari bahan. Oleh karena itu, 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 metode atmosfer termodifikasi (Setyadjit & Sjaifullah 1992). Kehilangan air yang terjadi pada KBDM dengan kemasan tanpa bungkus (k₁) terjadi sebaliknya, yaitu air yang menguap melalui transpirasi lebih banyak dibanding dengan jumlah air metabolit hasil respirasi.

Berdasarkan perubahan kadar air, maka semua perlakuan kemasan dengan pembungkus memberikan pengaruh baik dalam melindungi produk dari kehilangan air untuk semua taraf suhu penyimpanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Ketepatan dalam memilih teknik pengemasan memengaruhi efektivitas pendinginan. Teknik pengemasan dengan pembungkusan terbukti



meningkatkan hasil guna pendinginan dalam mempertahankan mutu KBDM dengan indikasi laju penurunan nilai L, susut, 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.
4. Pendinginan dapat memberikan hasil guna maksimal jika menggunakan kemasan yang sesuai dengan sifat bahan.
5. Untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi serta keamanan produk dan lingkungan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, terutama dalam aspek-aspek kajian pembuatan dan analisis teknoekonomi film pengemas berbasis bahan organik, sehingga diperoleh pengemas produk segar yang efektif, efisien, aman, dan ramah lingkungan, serta rancang bangun dan kajian teknoekonomi ruangan berpendingin tepat guna dengan harga jual dan biaya operasional terjangkau.

PUSTAKA

1. Ben-Yehosua, Shapiro, S, Even-Chen, BZ & Lurie, S 1983, 'Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress', *Plant Physiol.*, vol. 73, no. 1, pp. 87-93.
2. Ben-Yehosua, S 1985, 'Individual seal-packaging of fruits and vegetables in plastic film, A new postharvest technique', *HortSci.*, vol. 20, no. 1, pp. 32-7.
3. Del Aguila, JS, Sasaki, FF, Heiffig, LS, Ortege, EMM, Jacomono, AP & Kluge, RA 2006, 'Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures', *Postharv. Biol. Technol.*, vol. 40, pp. 149-54.
4. Dong, X, Wrolstad, RE & Sugar, D 2000, 'Extending shelf life of fresh-cut pears', *J. Food Sci.*, vol. 65, no. 1, pp. 181-6.
5. Kader, AA 1986, 'Biochemical and physiological basis for effect of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables', *Food Technol.*, vol. 40, no. 5, pp. 99-104.
6. Mangaraj, S, Goswami, ETK & Mahajan, EPV 2009, 'Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables', *A Review, Food Eng. Rev.*, vol. 1, pp. 133-58.
7. Meir, S, Rosenberger, I, Aharon, Z, Grinberg, S & Fallik, E 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.*, vol. 5, no. 4, pp. 303-9.
8. 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, IPB Press, Bogor.
9. Musaddad, D 2011, 'Penetapan parameter mutu kritis untuk menentukan umur simpan kubis bunga *fresh-cut*', *J. Agribis. & Pengemb. Wil.*, vol. 3, no. 1, hlm. 46-55.
10. Musaddad, D 2013, 'Kajian pengaruh ozon, kemasan plastik, dan suhu penyimpanan terhadap keamanan, mutu, dan umur simpan kubis bunga diolah minimal', Disertasi Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran, Bandung.
11. Noomhorm, A & SD Potey 1993, 'Modified atmospheric packaging of banana', *J. Haw.Pac.Aagri.*, vol. 4, pp. 69-78.
12. Phan, CT 1987, 'Effect on metabolism', in J. Weichmann (ed.). *Postharvest physiology of vegetables*, Marcel Dekker. Inc., New York.
13. Rajkumar, P & D Mitali 2009, 'Effect of different storage methods on nutritional quality of waterapple fruits (*Syzygium javanica* L.)', *Bulgarian. J. Agric. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 41-6.
14. Reyes, VG 1998, 'Packaging and shelf-life extension of fresh and minimally processed fruits and vegetables', *Bul. Pascapanen Hort.*, vol. 1, no. 3, pp. 1-5.
15. Sabari, SD, Rajagukguk, J & Dwiwijaya, A 1994. 'Pengaruh perlakuan kimia dan suhu penyimpanan terhadap daya simpan kubis bunga', *J. Hort.*, vol. 4, no. 2, hlm. 74-80.
16. Sapers, GM, Miller, RE, Miller, FC, Cooke, PH & Choi, CW 1991, 'Enzymatic browning control in minimally processed mushroom', *J. Food Sci.*, vol. 59, no. 5, pp. 1042-7.
17. Setyadjit & Sjaifullah 1992, 'Pengaruh ketebalan plastik untuk penyimpanan atmosfir termodifikasi mangga cv. Arumanis dari Indramayu', *J. Hort.*, vol. 6, no. 4, hlm. 411-9.
18. Setyadjit & Sjaifullah 1994, 'Penyimpanan buah manggis dalam suhu dingin', *J. Hort.*, vol. 4, no. 1, hlm. 64-76.
19. Singh, U & Sagar, VR 2010, 'Quality characteristics of dehydrated leafy vegetables influenced by packaging materials and storage temperatur', *J.Sci & Ind. Res.*, vol. 69, pp. 785-9.
20. Sirichote, A, Jongpanyalert, B, Srisuwan, L, Chanthachum, S, Pisuchpen, S & Ooraikul, B 2008, 'Effect of minimal processing on the respiration rate and quality of rambutan cv. "Rong-Rien"', *Songklanakar J. Sci. Technol.*, vol. 30, Suppl.1, pp. 57-63.
21. Wills, R, McGlasson, B, Graham, D & Joyce, D 1998, *Postharvest an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*, 4th ed., Adelaide, Hyde Park Press, South Australia.
22. Winarno, FG 1989, *Kimia pangan dan gizi*, Penerbit Gramedia, Jakarta.

