

Pengaruh Ozonisasi dan Kemasan untuk Mereduksi Residu Pestisida dan Mempertahankan Karakteristik Kesegaran Cabai Merah dalam Penyimpanan (*The Effect of Ozone and Packaging in Storage for Decreasing in Pesticide Residue and Keeping the Freshness of Red Chili Characteristic*)

Ali Asgar, Darkam Musaddad, dan Rahmat Sutarya

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517 Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391

E-mail : asgar1957@yahoo.com

Diterima: 22 Februari 2016; direvisi: 11 Oktober 2017; disetujui: 10 November 2017

ABSTRAK. Pestisida merupakan suatu substansi bahan kimia dan material lain (mikrob, virus, dan lain-lain) yang tujuannya untuk mengontrol atau mengendalikan hama/penyakit yang menyerang tanaman, bagian tanaman, dan produk pertanian, memusnahkan rumput/gulma, mengatur dan menstimulasi pertumbuhan tanaman/bagian tanaman, namun bukan penyubur. Hampir semua sampel yang diuji positif mengandung residu pestisida walaupun kadarnya di bawah ambang batas yang diizinkan. Penelitian bertujuan (1) mengetahui pengaruh ozonisasi terhadap karakteristik kesegaran cabai merah dan reduksi residu pestisida selama penyimpanan pada suhu kamar dan (2) mengetahui pengaruh suhu dan jenis pengemas terhadap kualitas cabai merah varietas Tit Segitiga selama penyimpanan. Penelitian dilakukan dari bulan Januari sampai dengan Desember 2013 di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang. Penelitian pendahuluan dilakukan terhadap konsentrasi gas ozon yang terdiri atas (1) 0,0 ppm (kontrol tanpa perendaman), (2) 0,0 ppm (perendaman dalam air tanpa ozon), (3) 0,2 ppm, (4) 0,4 ppm, (5) 0,6 ppm, (6) 0,8 ppm, dan (7) 1 ppm. Penelitian utama dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok pola petak terpisah dengan dua ulangan. Sebagai petak utama, yaitu suhu terdiri atas (1) 5°C, (2) 10°C, (3) 15°C, dan (4) suhu kamar. Sebagai anak petak, yaitu pengemas terdiri atas (1) polipropilen (PP 0,03 mm), (2) polietilen (PE 0,03 mm), (3) *wrapping plastic*, dan (4) kontrol (tanpa pengemas). Hasil pendahuluan menunjukkan bahwa kesegaran dan penampilan cabai merah dengan perlakuan larutan ozon 0,4 ppm merupakan perlakuan terbaik dan disukai panelis. Dengan perlakuan larutan ozon 0,4 ppm, cabai merah mempunyai residu pestisida profenofos 1,1504 ppm (terjadi penurunan 35,9073%), klorfirifos 0,1519 ppm (terjadi penurunan 23,2441%), TPC (jumlah total mikrob) $31,25 \times 10^5$ cfu/ml, susut bobot 15,50%, kadar air 85,53%, warna (nilai L^*) 30,52. Hasil penelitian utama menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik selama penyimpanan minggu keempat, yaitu suhu penyimpanan 5°C dengan macam kemasan polietilen (PE) dan *wrapping plastic*.

Kata kunci: Cabai merah; Ozon; Pengemasan; Pendinginan

ABSTRACT. Pesticide is a chemical substance and other materials (microbes, viruses, etc.) which are intended to control pests or diseases that attack plants, plant parts and agricultural products, eradicate the grass/weeds, regulate and stimulate plant growth or parts of the plant, but not the fertilizer. Almost all of the samples that tested positive for pesticide residues even though the levels were below the allowed threshold. Research aims were (1) to determine the effect of ozonation on the characteristics of red chili freshness and reduction of pesticide residues during storage at room temperature and (2) to determine the effect of temperature and packaging on the quality of red chili during storage. The study was conducted from January–December 2013 at The Research Institute of Vegetable. Preliminary research conducted on the concentration of ozone which consists of (1) 0.0 ppm (control without soaking), (2) 0.0 ppm (immersion in water without ozone), (3) 0.2 ppm, (4) 0.4 ppm, (5) 0.6 ppm, (6) 0.8 ppm, and (7) 1 ppm. Primary research conducted using randomized block split plot with repeated patterns as much as two times. Temperature as the main plot which consists of (1) 5°C, (2) 10°C, (3) 15°C, and (4) room temperature. The subplot is packaging which consists of (1) polypropylene (PP 0.03 mm), (2) polyethylene (PE 0.03 mm), (3) *wrapping plastic*, and (4) control (without packaging). Preliminary results show that the freshness and appearance of red chili with 0.4 ppm ozone treatment was the best treatment and preferred by panelists. Treatment with a solution of 0.4 ppm ozone, the red chili have pesticide residue of profenofos 1.1504 ppm (decrease as much as 35,9073%), 0.1519 ppm klorfirifos (decrease as much as 23,2441%), TPC (total number of microbes) 31.25×10^5 cfu/ml, 15.50% weight loss, levels of 85.53% water content, color (L^* value) 30.52. The main research results showed that the best treatment for 4 weeks of storage is the storage temperature of 5 °C with wide packaging polyethylene (PE) and *wrapping plastic*.

Keywords: Red chili; Ozon; Packaging; Cooling

Pestisida merupakan substansi bahan kimia dan material lain (mikrob, virus, dan lain-lain) yang digunakan untuk mengontrol atau membunuh hama/penyakit yang menyerang tanaman (Sanborn *et al.* 2002). Hampir semua sampel yang diuji (cabai merah, selada, dan bawang merah) positif mengandung residu pestisida walaupun kadarnya di bawah ambang batas

yang diizinkan [Munarso *et al.* 2005 dalam Christina Winarti & Miskiyah 2010). Di sisi lain penggunaan pestisida dianggap menguntungkan untuk menekan kehilangan hasil sebelum dan setelah pemanenan (Gonzales *et al.* 2007). Namun demikian, degradasi untuk semua jenis pestisida rerata > 80% dalam 10 hari setelah aplikasi (Zhang *et al.* 2007).

Pada umumnya cabai merah diperdagangkan dalam bentuk segar. Oleh sebab itu perlu pemahaman dan penguasaan teknologi pascapanen cabai merah segar yang dapat meningkatkan daya simpan dengan kualitas yang tetap diterima konsumen. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar daya simpan cabai merah lebih lama, yaitu menggunakan ozon.

Metode ozon mampu meluruhkan kontaminasi pestisida dan bakteri serta logam berat yang menempel pada buah/sayur sehingga aman dikonsumsi bagi kesehatan (Sugiarto 2007). Mekanisme kerja ozon (O_3) dalam membunuh mikroba, yaitu pada dinding sel mengarah pada perubahan dalam permeabilitas dari sel dan dapat menyebabkan terjadinya lisis pada sel bakteri. Perlakuan ozonisasi terhadap buah tomat terbukti dapat memperpanjang umur kesegaran tomat sampai 3 minggu (Rahmayanti 2007).

Pengawetan sayuran dengan ozon tidak berpengaruh pada kandungan gizi, karena ozon akan segera menguap. Jika ozon terkena sinar matahari, ozon akan mengurai menjadi oksigen kembali. Menurut Tzortzakis *et al.* (2007), perlakuan ozon tidak berpengaruh terhadap kandungan vitamin C. Menurut Perez *et al.* (1999), perlakuan ozon terhadap stroberi setelah penyimpanan selama 4 hari pada suhu 20°C menunjukkan perbedaan yang nyata dalam gula dan asam. Pada akhir penyimpanan yang diberi perlakuan ozon dengan suhu dingin kandungan vitamin C meningkat tiga kali dari kontrol. Hal ini diduga adanya pengaruh suhu terhadap laju respirasi, yaitu semakin rendah suhu maka semakin rendah respirasinya sehingga vitamin C yang terurai sedikit.

Dengan oksidasi potensial yang tinggi, ozon dapat dimanfaatkan untuk sterilisasi bakteri, menghilangkan warna (dekolorisasi), menghilangkan bau (deodorasi), dan menguraikan senyawa organik (degradasi). Ozon merupakan zat disinfektan yang kuat, beberapa peneliti memperlihatkan bahwa ozon hanya dengan konsentrasi yang rendah (kurang dari 0,5 mg/liter) dapat membunuh mikroba dalam air, bahkan ozon juga dapat mensterilkan air. Konsentrasi ozon yang biasa digunakan untuk proses desinfeksi air adalah 0,5 sampai 0,4 mg/liter. Konsentrasi ozon 0,02 mg/liter dapat bersifat racun bagi *Escherichia coli* dan *Streptococcus faecalis*, karena ozon akan bereaksi dengan protoplasma sel dengan berperan sebagai oksidator.

Aktifnya ozon terutama terletak pada permukaan sel bakteri. Mekanisme kerja ozon yang paling penting adalah oksidasi sulfhidril dari enzim. Lapisan tersebut merupakan subyek pertama yang diserang ozon. Penyerangan oleh ozon pada dinding sel mengarah pada perubahan dalam permeabilitas dari sel dan dapat

menyebabkan terjadinya lisis. Ozon sangat efektif terhadap macam-macam mikroba pada buah-buahan dan sayuran (Hakan & Sedat 2007).

Perlakuan air berozon sangat efektif dalam mengurangi populasi mikroba dan dapat meningkatkan umur simpan seledri potong dan letus (Garcia *et al.* 2003). Skog & Chu (2001) menyatakan bahwa ozon dengan konsentrasi 0,4 m/l dapat memperbaiki kualitas dan memperpanjang umur simpan brokoli dan mentimun pada suhu penyimpanan 3°C.

Menurut Salvador *et al.* (2006), gas ozon dengan konsentrasi 0,15 ppm dapat menjaga kekerasan buah kesemek di atas batas nilai komersial setelah disimpan 30 hari pada suhu 15°C dan RH 90% dapat memperpanjang umur simpan. Penyimpanan dengan ozon dapat menekan perkembangan cendawan pada *blackberries* selama 12 hari, padahal 20% buah tanpa perlakuan ozon (kontrol) tampak buah busuk (Barth *et al.* 1995). Ozon menghasilkan kualitas yang dapat diterima pasar.

Ozon terlarut (1,4 mg/l) efektif untuk mengoksidasi 60–90% metil paration, sipermetrin, paration, dan diazinon, dalam larutan air selama 30 menit dan degradasi sebagian besar selesai pada 5 menit pertama. Ozon paling efektif untuk memisahkan sipermetrin (>60%) dengan efisiensi pemisahan bergantung pada tingkat ozon terlarut pada suhu. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa ozonisasi merupakan proses yang aman dan menjanjikan untuk memisahkan residu pestisida yang diuji dan permukaan sayuran pada tingkat terbatas (Wu *et al.* 2007).

Menurut Asgar *et al.* (2011), bahwa berdasarkan justifikasi parameter dan perlakuan, menunjukkan bahwa perlakuan yang terbaik terhadap kubis bunga yaitu konsentrasi ozon 1,5 ppm dengan berdaun pada penyimpanan suhu dingin. Hal ini disebabkan oleh ozon yang bertindak sebagai sterilisasi (ozon dapat membunuh mikroba seperti bakteri patogen, virus, dan cendawan), deodorasi (ozon dapat menghilangkan bau yang diakibatkan senyawa organik dan mikroba), dekolorasi (ozon dapat menghilangkan zat pewarna organik) dan degradasi (ozon dapat menguraikan berbagai senyawa organik dan mengoksidasi logam berat). Perlakuan ozonisasi dapat dikombinasikan dengan suhu dingin dan kelembapan serta jenis pengemasan seperti *low density polyethylene* (LDPE) dengan ketebalan 30 mm. Pengemasan merupakan salah satu usaha untuk mempertahankan kualitas sekaligus memperpanjang umur simpan (Reyes 1998).

Cabai merah yang disimpan pada suhu kamar dan tanpa adanya perlakuan, cepat mengalami kerusakan. Hasil observasi pendahuluan menunjukkan bahwa kesegaran cabai merah menurun pada penyimpanan di suhu kamar (20°–25°C) serta kelembapan rendah (60–70%). Cabai merah mempunyai daya tahan simpan

sangat rendah dan warna buah cepat berubah serta daya simpannya 5 hari dengan kondisi buah layu yang seterusnya membusuk. Oleh karena itu untuk mempertahankan tingkat kesegaran cabai merah sampai waktu yang cukup lama maka dipilih cara pencucian cabai merah menggunakan ozon gas dan penyimpanan pada suhu dingin.

Menurut Phan (1987), penyimpanan pada suhu dingin merupakan cara untuk menghambat laju penurunan kualitas sayuran melalui dua prinsip, yaitu memperlambat laju kemunduran fisiologis dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab busukan. Prinsip pertama, yaitu setiap penurunan suhu sebesar 8°C maka kecepatan reaksi metabolisme berkurang setengahnya. Prinsip kedua, efektif jika bahan pangan dibersihkan terlebih dahulu sebelum dinginkan.

Metode pengolahan, film pengemas, dan suhu penyimpanan merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas rambutan diolah minimal (Sirichote et al. 2008). Rajkumar et al. (2009) menyatakan bahwa penggunaan polietilen tertutup pada penyimpanan suhu dingin sangat efektif dalam memperpanjang umur simpan jambu air.

Informasi tentang teknik pengemasan mangga Arumanis yang dibungkus rapat per buah dengan plastik polietilen (PE) dapat bertahan sampai 4 minggu (Broto et al. 1996), pengemasan menggunakan kantung polietilen pada buah mangga Carabao dapat menunda pematangan buah (Yuniarti 1989). Penggunaan plastik PE 0,04 mm cukup baik untuk sistem penyimpanan dengan udara terkendali, karena permeabilitasnya terhadap gas CO₂ lebih besar dari pada O₂ sehingga laju akumulasi gas CO₂ di sekitar bahan lebih kecil daripada penyerapan O₂ (Wills et al. 1981, Sabari et al. 1991, Setyadjit & Syaifullah 1992).

Tujuan penelitian adalah (1) mengetahui pengaruh ozonisasi terhadap karakteristik kesegaran cabai merah dan reduksi residu pestisida selama penyimpanan pada suhu kamar, dan (2) mengetahui pengaruh suhu dan jenis pengemas terhadap kualitas cabai merah selama penyimpanan. Manfaat penelitian yaitu untuk memperpanjang umur simpan cabai merah dengan karakteristik yang dapat diterima pengguna. Hipotesis penelitian yaitu suhu penyimpanan dan jenis pengemas cabai merah berpengaruh terhadap karakteristik cabai merah selama penyimpanan suhu dingin.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan dari bulan Januari – Desember 2013 di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa),

Lembang. Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian, yaitu cabai merah varietas Tit Segitiga yang diperoleh dari petani Brebes. Penelitian pendahuluan dilakukan terhadap konsentrasi gas ozon yang terdiri atas (1) 0,0 ppm (kontrol tanpa perendaman), (2) 0,0 ppm (perendaman dalam air tanpa ozon), (3) 0,2 ppm, (4) 0,4 ppm, (5) 0,6 ppm, (6) 0,8 ppm, dan (7) 1 ppm, kemudian dilanjutkan dengan penelitian utama dilakukan menggunakan rancangan petak terpisah dengan dua ulangan. Sebagai petak utama, yaitu suhu terdiri atas (1) 5°C, (2) 10°C, (3) 15°C, dan (4) suhu kamar dan sebagai anak petak, yaitu pengemas terdiri atas (1) Polipropilen (PP) 0,03 mm, (2) PE (Polietilen 0,03 mm), (3) *wrapping plastic*, dan (4) kontrol (tanpa pengemas).

Parameter pendahuluan yang diamat, yaitu residu pestisida, TPC (*total plate count* atau jumlah total mikrob), susut bobot, kadar air, warna (nilai L*), uji organoleptik (kesegaran, warna, penampakan). Pada uji organoleptik, metode skoring yang digunakan berdasarkan hedonik atau kesukaan (Soekarto 1985) dengan skor 1 = sangat disukai, 2 = disukai, 3 = biasa, 4 = tidak disukai, dan 5 = sangat tidak disukai. Uji organoleptik dilakukan oleh 15 orang panelis yang merupakan karyawan Balitsa.

Prosedur pengukuran residu pestisida adalah sebagai berikut (Direktorat Perlindungan Tanaman 2006) :

1. Contoh analitik yang dicincang, ditimbang seberat 15 g.
2. Lumatkan dengan ultra turaks (*blender*) dengan 30 ml aseton selama 30 detik.
3. Tambahkan 30 ml diklormetan dan 30 ml petroleum eter 40°–60°.
4. Campuran dilumatkan selama 30 detik.
5. Sentrugasi selama 2 menit pada 4.000 rpm (bila larutan keruh).
6. Enap tuangkan fase organik.
7. Pipet 25 ml fase organik ke dalam labu bulat
8. Pekatkan dalam rotavapor pada suhu tangas air 40°C, sampai hampir kering, kemudian alirkan gas nitrogen sampai kering.
9. Larutkan residu dalam 5 ml iso oktana : toluena (90 : 10)
10. Dalam penetapan, suntikan 1–2 µl ekstrak ke dalam kromatogram gas. Selanjutnya ada tabel yang memuat jenis-jenis kolom yang dapat digunakan (kolom untuk penetapan senyawa organofosfat secara kromatografi gas, dan tabel yang memuat waktu tambat relatif terhadap etil *paration*.

Pada penelitian utama analisis fisik yang dilakukan adalah uji kekerasan dengan metode Messtorff menggunakan penetrometer. Analisis parameter

lain dilakukan terhadap kadar air dengan metode gravimetri (Sudarmadji 1996), vitamin C dengan metode Iodometri (Sudarmadji 1996), kekerasan, susut bobot, warna (chromameter). Pengamatan dilakukan 1 minggu sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pendahuluan

Hasil analisis terhadap residu pestisida pada cabai merah dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1, dapat dilihat terjadi penurunan residu pestisida baik pada profenofos maupun pada klorfirifos dengan semakin tinggi konsentrasi ozon.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa residu pestisida (profenofos) berkisar antara 1,1504–2,4213 mg/kg dan klorfirifos berkisar antara 0,0901–0,2519 mg/kg. Menurut Direktorat Perlindungan Tanaman (2006), bahwa batas maksimum profenofos dan klorfirifos adalah 5 mg/kg. Jadi cabai merah antarperlakuan dapat diterima (aman dikonsumsi).

Hasil penelitian pendahuluan berdasarkan organoleptik (warna, kesegaran dan penampakan) selama penyimpanan 8 hari yang dinilai oleh 15 panelis dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kesegaran dan penampakan cabai merah dengan perlakuan larutan ozon 0,4 ppm merupakan perlakuan terbaik dan disukai panelis (2,65 = skor yang paling kecil). Air yang telah mengandung ozon dapat digunakan untuk mencuci buah dan sayur agar steril, dengan tanpa menghilangkan warna, aroma, dan tidak mengurai senyawa organik yang terkandung dalam bahan pangan sehingga mampu memperpanjang umur

kesegaran sampai 8 hari. Dengan perlakuan larutan ozon 0,4 ppm, cabai merah tersebut mempunyai residu pestisida profenofos 1,3332 ppm (terjadi penurunan 44,94% dari residu pestisida profenofos kontrol tanpa perendaman), klorfirifos 0,1377 ppm (terjadi penurunan 45,34%), TPC (jumlah total mikroba) 31,25 x 10⁵ cfu/ml, susut bobot 15,50%, kadar air 85,53%, warna (nilai L*) 30,52, uji organoleptik (kesegaran, warna, penampakan) disukai panelis.

Penelitian Utama

Susut bobot

Pada minggu ke-1 terjadi interaksi pengaruh suhu penyimpanan dan jenis kemasan terhadap susut bobot cabai merah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada taraf kemasan polipropilen (PP), suhu 5°C mempunyai susut bobot paling kecil (0,04%) dibandingkan dengan susut bobot perlakuan suhu lainnya. Hal ini disebabkan suhu yang semakin rendah dapat menekan laju respirasi (Pantastico *et al.* 1975).

Pada Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa pada taraf suhu 5°C susut bobot paling kecil terdapat pada perlakuan plastik polipropilen (0,04%) dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa kemasan (4,7%). Namun, susut bobot cabai merah dari perlakuan polipropilen tidak berbeda nyata dengan susut bobot cabai merah dari perlakuan polietilen dan *wrapping plastic*. Hal ini menunjukkan bahwa pembungkusan dapat menghambat laju transpirasi. Tingkat laju kehilangan air bergantung pada permeabilitas kemasan terhadap uap air. Bahan seperti polipropilen dan polietilen merupakan bahan yang baik sebagai *barrier* uap air. Polipropilen mempunyai sifat kuat namun lebih ringan daripada lainnya. Daya tahan terhadap uap air rendah, tetapi mempunyai ketahanan yang baik

Tabel 1. Pengaruh pemberian ozon terhadap pengurangan residu pestisida pada cabai (*The effect of ozon treatment to residual decrease pesticide on chili*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Residu (<i>Residual</i>)					
	Profenofos			Klorfirifos		
	Awal (<i>Initial</i>)	Setelah perlakuan (<i>After treatment</i>)	% Penurunan (<i>Decreasing</i>)	Awal (<i>Initial</i>)	Setelah perlakuan (<i>After treatment</i>)	% penurunan (<i>Decreasing</i>)
0 ppm, tanpa perendaman	2,4213	-	-	0,2519	-	-
0 ppm, dengan perendaman	-	1,7949	25,87	-	0,2372	5,84
0,2 ppm	-	1,6352	32,47	-	0,1979	21,44
0,4 ppm	-	1,3332	44,94	-	0,1377	45,34
0,6 ppm	-	1,1885	50,91	-	0,1358	46,09
0,8 ppm	-	1,1885	50,91	-	0,1235	50,97
1,0 ppm	-	1,1504	52,49	-	0,0901	64,23

Tidak dilakukan analisis

Tabel 2. Hasil penilaian organoleptik (warna, kesegaran, dan penampakan) selama penyimpanan 8 hari (Result of organoleptic test (color, freshness, and appearance) for 8 days storage)

Perlakuan (Treatment)	Warna (Color)	Kesegaran (Freshness)	Penampakan (Appearance)	Jumlah skor (Score total)	Rerata skor (Score average)
Kontrol tanpa perendaman (Control without dipping)	2,26	2,92	2,98	8,16	2,72
Kontrol perendaman dalam air (Control dipping in water)	2,49	3,15	3,04	8,68	2,89
Konsentrasi ozon 0,2 ppm (Ozone concentration of 0.2 ppm)	2,48	2,92	2,92	8,32	2,77
Konsentrasi ozon 0,4 ppm (Ozone concentration of 0.4 ppm)	2,28	2,85	2,83	7,96	2,65
Konsentrasi ozon 0,6 ppm (Ozone concentration of 0.6 ppm)	2,48	2,80	2,83	8,11	2,70
Konsentrasi ozon 0,8 ppm (Ozone concentration of 0.8 ppm)	2,50	3,22	3,18	8,90	2,97
Konsentrasi ozon 1,0 ppm (Ozone concentration of 1.0 ppm)	2,31	3,05	3,05	8,41	2,80

Tabel 3. Pengaruh suhu penyimpanan dan jenis kemasan terhadap susut bobot (%) cabai merah pada minggu ke-1 (The effect of storage temperature and packaging on weight loss of red chili at 1st week)

Suhu (Temperature)	Kemasan (Packaging)			
	Polipropilen (Polypropylene)	Polietilen (Polyethylene)	Wrapping plastic	Tanpa kemasan (Without packaging)
5°C	0,04 a A	0,31 a A	1,26 a A	4,70 a B
10°C	0,57 ab A	0,33 a A	2,11 a A	8,26 b B
15°C	0,60 ab A	0,82 a A	2,99 a B	5,62 a C
Suhu kamar (Ambient temperature)	2,24 b A	1,07 a A	8,65 b B	18,45 c C
KK (CV), %	15,26			

Angka rerata yang diikuti huruf kecil (vertikal) dan angka rerata yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5% (Mean followed by the same letters within the same column and the same row are not significantly different at 5% of DMRT)

(terhadap lemak) dan stabilitas yang tinggi terhadap panas. Plastik polipropilen (0,03 mm) mempunyai ketahanan terhadap O₂ (6,81 cm³/cm²/mm/det./cm Hg x 10⁻¹⁰) dan H₂O (303 cm³/cm²/mm/det./cm Hg x 10⁻¹⁰) (Buckle et al. 1987).

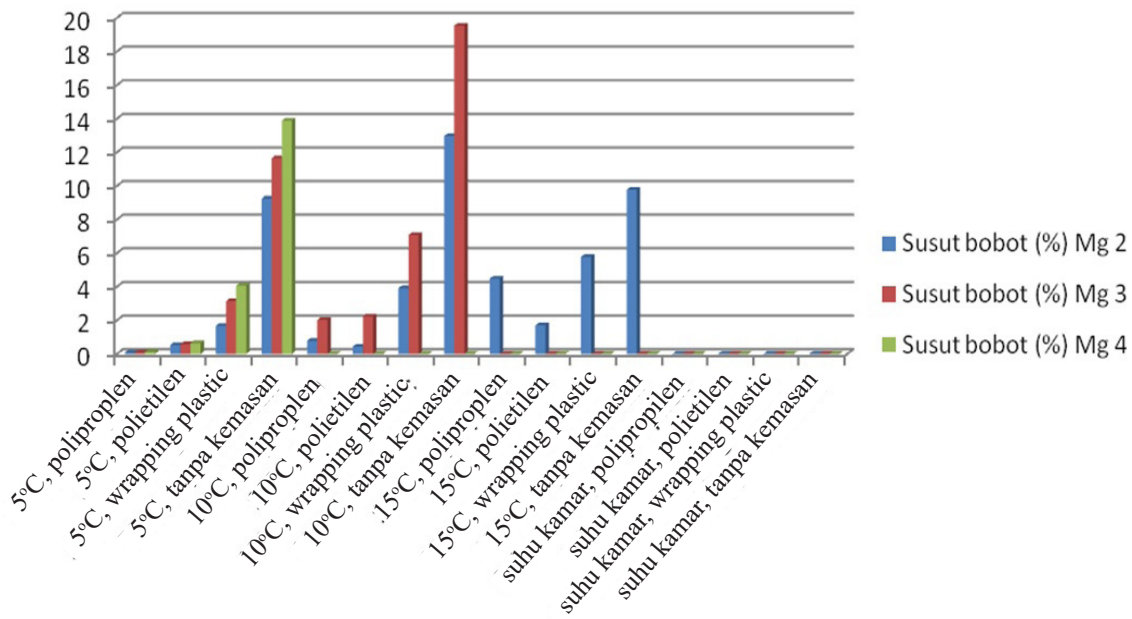
Pada minggu ke-2, cabai merah pada perlakuan suhu kamar sudah busuk (dari berbagai pengemas). Susut bobot cabai merah pada suhu 5°–15°C (pada berbagai macam kemasan) berkisar antara 0,07 dan 12,96% (Gambar 1). Susut bobot yang paling kecil terdapat pada perlakuan suhu 5°C dengan kemasan polipropilen (0,07%). Hal ini disebabkan suhu 5°C dapat menekan laju respirasi lebih tinggi daripada suhu di atasnya (10°C dan 15°C). Jenis plastik PP mempunyai sifat kuat dan stabilitas yang tinggi terhadap panas dan tahan terhadap O₂.

Pada minggu ke-3, cabai merah pada suhu 15°C (pada berbagai macam pengemas) sudah busuk. Susut bobot pada suhu 5°–10°C berkisar antara 0,09 dan 19,53%. Susut bobot yang paling kecil terdapat pada suhu 5°C dengan pengemas plastik polipropilen 0,09%). Pada minggu ke-4, susut bobot cabai merah berkisar antara 0,12 dan 13,88%. Susut bobot yang paling kecil terdapat pada suhu 5°C dengan pengemas polipropilen (PP).

Vitamin C

Pengaruh suhu penyimpanan dan macam pengemas terhadap kandungan vitamin C cabai merah pada minggu ke-1 ternyata terjadi interaksi. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada minggu ke-1 vitamin C berkisar antara 46,72 dan 108,91 mg/100g.



Gambar 1. Pengaruh suhu penyimpanan dan jenis pengemas terhadap susut bobot (%) cabai merah pada minggu ke 2, 3, dan 4 (*The effect of storage temperature and packaging on weight loss of red chili at 2nd, 3rd, and 4th week*)

Tabel 4. Interaksi antara suhu penyimpanan dan jenis pengemas terhadap kandungan vitamin C (mg/100 g) cabai merah pada minggu ke-1 (*Interaction between storage temperature and packaging on vitamin C of red chili at 1st week*)

Suhu (Temperature)	Kemasan (Packaging)			
	Polipropilen (Polypropylene)	Polietylen (Polyethylene)	Wrapping plastic	Tanpa kemasan (Without packaging)
5°C	61,99 a AB	46,72 a A	101,50 b C	74,38 a BC
10°C	108,91 b B	91,61 bc AB	80,29 ab A	96,98 ab AB
15°C	91,65 b BC	73,31 b AB	57,13 a A	104,56 b C
Suhu kamar (Ambient temperature)	97,00 b A	103,47 c A	80,85 ab A	91,61 ab A
KK (CV), %	13,68%			

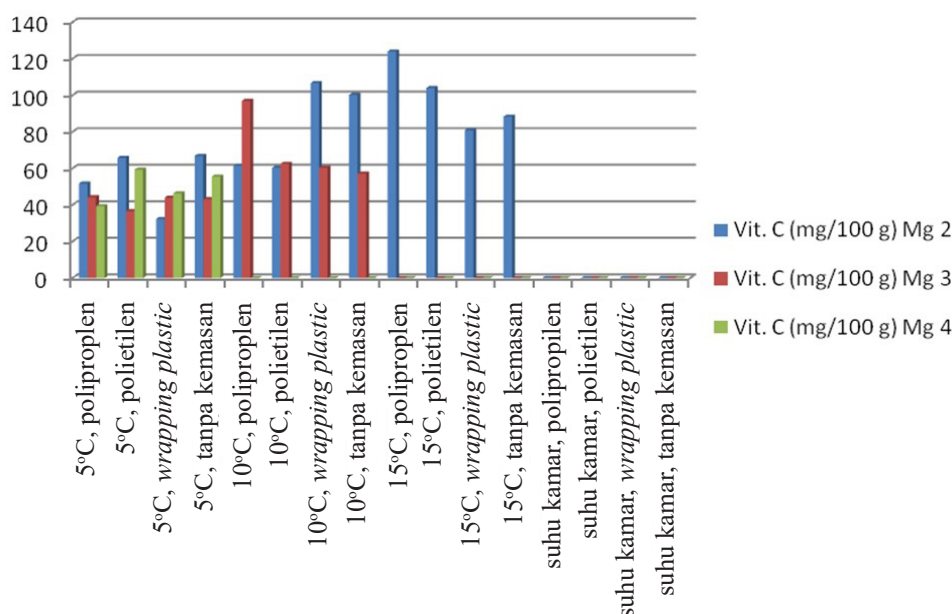
Angka rerata yang diikuti huruf kecil (vertikal) dan angka rerata yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5% (*Mean followed by the same letters within the same column and the same row are not significantly different at 5% of DMRT*)

Perlakuan suhu 10°C dan kemasan polipropilen menghambat penambahan vitamin C. Hasil itu dapat dilihat dari kandungan vitamin C yang tidak berbeda nyata dengan cabai segar. Hal ini disebabkan oleh pembentukan vitamin C yang diduga berasal dari pemecahan atau hidrolisis pati selama pematangan. Selama pematangan pati mengalami perombakan menjadi sukrosa dan melalui jalur pembentukan piruvat diubah menjadi glukosa-6-PO₄ kemudian diubah menjadi asam askorbat atau vitamin C (Lazan 1986).

Kandungan vitamin C cabai merah pada minggu ke-2, 3, dan 4 dapat dilihat pada Gambar 2. Pada minggu ke-2, kandungan vitamin C berkisar antara

32,338 dan 123,989 mg/100 g. Kandungan vitamin C yang paling tinggi terdapat pada perlakuan suhu 15°C dengan kemasan polipropilen (123,989 mg/100 g). Pada suhu kamar, semua cabai busuk pada berbagai kemasan. Jadi perlakuan suhu 15°C dengan kemasan polipropilen merupakan perlakuan terbaik.

Pada minggu ke-3, kandungan vitamin C berkisar antara 36,654 dan 97,017 mg/100 g. Kandungan vitamin C yang paling tinggi terdapat pada perlakuan suhu 10°C dengan kemasan plastik polipropilen (97,017 mg/100 g). Pada minggu ke-3, perlakuan kemasan pada suhu 15°C dan suhu kamar semua cabai merah sudah busuk. Pada minggu ke-3 terjadi penurunan vitamin C. Hal ini disebabkan oleh kondisi



Gambar 2. Kandungan vitamin C (mg/100 g) cabai merah pada berbagai perlakuan suhu penyimpanan dan jenis kemasan pada minggu ke-2, 3, dan 4 (*Vitamine C content of red chili at several storage temperature treatments and packaging at 2nd, 3rd, and 4th week*)

Tabel 5. Interaksi antara suhu penyimpanan dan kemasan terhadap kadar air (%) cabai merah pada minggu ke-1 (*Interaction between storage temperature and packaging on moisture content of red chili at 1st week*)

Suhu (Temperature)	Kemasan (Packaging)			
	Polipropilen (Polypropylene)	Polietilen (Polyethylene)	Wrapping plastic	Tanpa kemasan (Without packaging)
5°C	84,28 a A	85,58 a B	86,89 a C	85,60 b B
10°C	85,71 b C	85,62 a C	84,53 a B	83,78 a A
15°C	86,65 d B	86,62 c B	86,38 b B	85,66 b A
Temperature kamar (Ambient temperature)	86,37 c A	86,24 b A	86,22 b A	86,13 c A
KK (CV), %	0,13			

Angka rerata yang diikuti huruf kecil (horizontal) dan angka rerata yang diikuti huruf besar (vertikal) yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5% (*Mean followed by the same letters within the same column and the same row are not significantly different at 5% of DMRT*)

cabai yang mengarah pembusukan sehingga terjadi perombakan asam termasuk vitamin C menjadi asam (Hudson et al. 1985).

Pada minggu ke-4, kandungan vitamin C berkisar antara 39,336–59,302 mg/100 g. Kandungan vitamin C cabai merah yang paling tinggi terdapat pada perlakuan suhu 5°C dengan pengemas polietilen (59,302 mg/100 g. Dibandingkan dengan daya simpan cabai merah pada suhu kamar, penyimpanan pada suhu dingin (5–15°C) lebih lama dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu kamar.

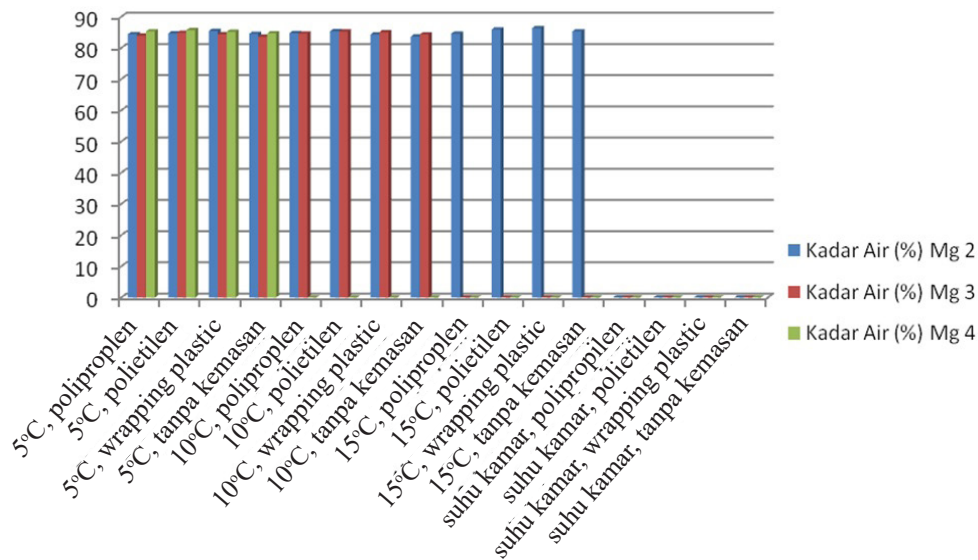
Kadar Air

Hasil uji statistik pengaruh suhu dan kemasan pada pengamatan minggu ke-1 terhadap kadar air ternyata

terjadi interaksi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada taraf suhu 10°C, kadar air cabai merah pada perlakuan *wrapping plastic* adalah 84,53% dan berbeda nyata dengan perlakuan plastik polipropilen (85,71%), polietilen (85,62%) dan tanpa kemasan (83,78%). Kadar air cabai merah dari perlakuan suhu 10°C dengan *wrapping plastic* sesuai dengan kadar air cabai merah segar yang baru dipanen dari lapangan (85,46%).

Untuk membungkus sayuran dan buah-buahan, film plastik seperti polietilen dapat digunakan. Kemasan di pedagang tradisional, dapat menjaga kualitas buah dan sayuran yang dibutuhkan oleh konsumen. Kadar air cabai merah pada minggu ke 2, 3, dan 4 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh suhu penyimpanan dan kemasan terhadap kadar air (%) cabai merah pada minggu ke 2, 3, dan 4 (*The effect of storage temperature and packaging on moisture content of red chili at 2nd, 3rd, and 4th week*)

Tabel 6. Pengaruh suhu penyimpanan dan jenis kemasan terhadap kekerasan (mm/100 g/10 detik) cabai merah pada minggu ke-1 (*The effect of storage temperature and packaging on hardness of red chili at 1st week*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Kekerasan (<i>Hardness</i>) mm/100 g/10 second
Suhu penyimpanan (<i>Storage temperature</i>)	
5°C	3,67 a
10°C	3,94 ab
15°C	4,26 bc
Suhu kamar (<i>Ambient temperature</i>)	4,57 c
Kemasan (<i>Packaging</i>)	
Polipropilen (<i>Polypropylene</i>)	3,58 a
Polietilen (<i>Polyethylene</i>)	3,92 ab
Wrapping plastic	4,16 b
Tanpa kemasan (<i>Without packaging</i>)	4,78 c
KK (CV), %	10,25

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5% (*Average number followed by the same letters indicate not significantly different according to Duncan test at the 5% level*)

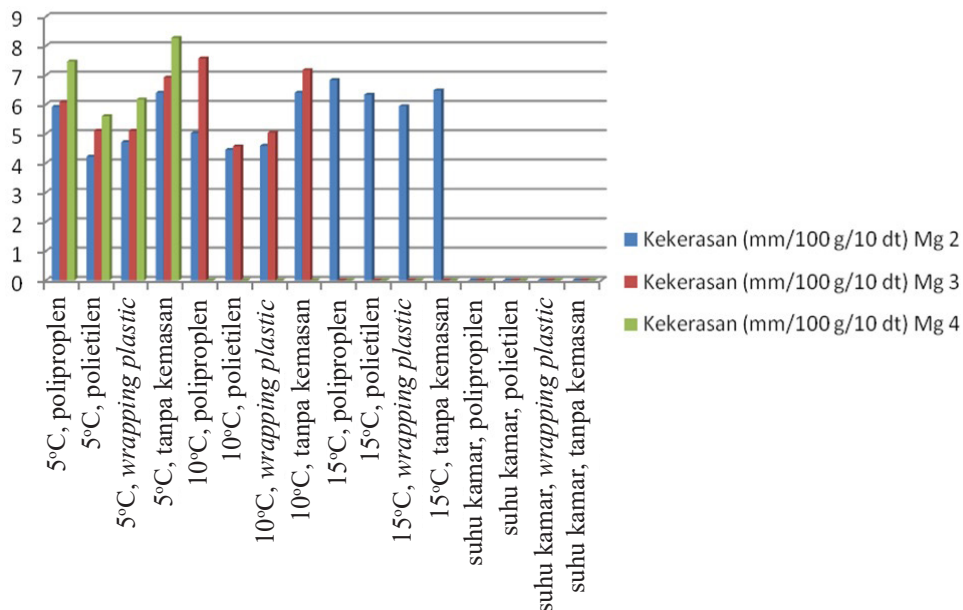
Pada minggu ke-2, cabai merah pada suhu kamar sudah busuk, demikian pula pada minggu ke-3 pada suhu 15°C dan pada minggu ke-4 pada suhu 10°C kondisi cabai merah sudah busuk. Kadar air pada minggu ke-2 berkisar antara 83,675 dan 86,321%, pada minggu ke-3 berkisar antara 83,588 dan 85,527% dan pada minggu ke-4 berkisar antara 84,701 dan 85,711%.

Pada penyimpanan, cabai merah dengan perlakuan kemasan menunjukkan peningkatan kadar air. Hal ini terjadi karena pada cabai merah yang dikemas, ada *barrier* yang menyangga kontak bahan dengan udara bebas sehingga pergerakan udara di sekitar bahan lebih lambat dan laju transpirasi berjalan lebih lambat. Sebagai akibatnya udara dalam kemasan menjadi basah karena penambahan uap air bahan akibat adanya respirasi. Proses tersebut dapat mengaktifkan enzim dalam sel bahan. Aktivitas enzim dapat meningkatkan hidrolisis zat-zat dalam sel tersebut. Proses hidrolisis menghasilkan CO₂ dan H₂O sehingga dapat meningkatkan kandungan air. Polietilen mampu menekan kehilangan air sebanyak 40 – 50% dari buah cabai merah yang disimpan selama 2 minggu pada suhu 7,5°C (Meir *et al.* 1995). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Sing & Sagar 2010) yang melaporkan bahwa sayuran yang dikemas mengalami peningkatan kadar air selama penyimpanan dan peningkatan pada suhu kamar relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu rendah.

Kekerasan

Pada minggu ke-1, pengujian statistik menunjukkan tidak terjadi interaksi antara suhu penyimpanan dengan jenis kemasan terhadap kekerasan cabai merah. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa kekerasan cabai merah dari berbagai perlakuan suhu penyimpanan berkisar antara 3,67 dan 4,57 mm/100 g/10 detik. Nilai kekerasan cabai merah yang paling tinggi terdapat pada cabai merah dengan perlakuan suhu penyimpanan 5°C (3,67 mm/100 g/10 detik) dan berbeda nyata dengan nilai kekerasan cabai merah dari perlakuan 15°C (4,26 mm/100 g/10 detik), suhu kamar (4,57 mm/100 g/10



Gambar 4. Kekerasan (mm/100 g/10 detik) cabai merah pada minggu ke-2, 3, dan 4 dari pengaruh suhu penyimpanan dan jenis kemasan (*Hardness of red chili at 2nd, 3rd, and 4th from the effect of storage temperature and packaging*)

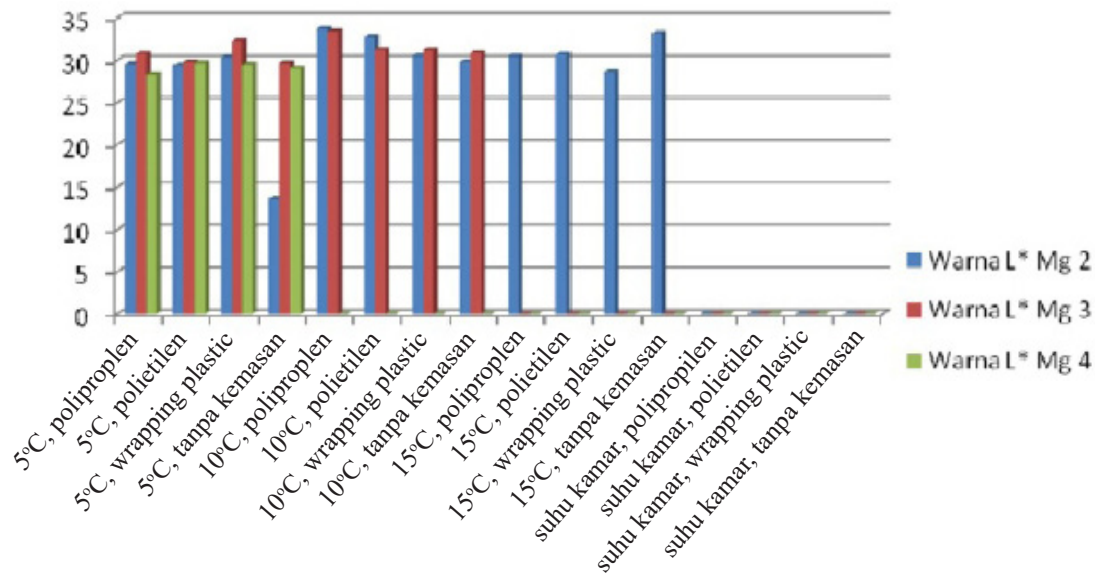
detik), tetapi tidak berbeda nyata dengan suhu 10°C (3,94 mm/100 g/10 detik). Hal ini disebabkan oleh suhu yang paling rendah dapat menekan laju respirasi lebih besar daripada laju respirasi cabai merah yang disimpan pada suhu yang lebih tinggi sehingga cabai lebih keras dibandingkan cabai dari perlakuan suhu lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Amiarsi 2012) bahwa penyimpanan dingin dengan suhu rendah (15°C) dapat menghambat kegiatan respirasi sehingga menunda pelunakan, perubahan warna, perubahan kualitas, serta proses kimiawi lainnya. Sebaliknya (Parsons *et al.* 1970) menyatakan bahwa penyimpanan buah tomat pada suhu kamar lebih cepat rusak setelah disimpan selama 6 minggu dibandingkan pada suhu dingin.

Sifat-sifat yang penting sangat menentukan kualitas cabai merah adalah kepadatan, warna, dan diameter (Sabari *et al.* 1994). Penyimpanan pada suhu rendah diperlukan karena dapat mengurangi (1) kegiatan respirasi dan metabolisme lainnya, (2) proses penuaan karena adanya proses pematangan, pelunakan serta perubahan tekstur dan warna, (3) kehilangan air dan pelayuan, dan (4) kerusakan karena aktivitas mikrob (bakteri, kapang, dan khamir).

Pada Tabel 6 juga dapat dilihat bahwa nilai kekerasan cabai dari perlakuan kemasan berkisar antara 3,58 dan 4,78 mm/100 g/10 detik. Nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada perlakuan kemasan polipropilen (3,58 mm/100 g/10 detik) dan berbeda nyata dengan nilai kekerasan cabai merah dari perlakuan kemasan *wrapping plastic* (4,16 mm/100 g/10 detik) dan tanpa kemasan (4,78 mm/100 g/10 detik), tetapi tidak

berbeda nyata dengan nilai kekerasan dari perlakuan polietilen (3,92 mm/100 g/10 detik). Hal ini disebabkan oleh sifat plastik polipropilen yang kuat, ringan, dan daya tembus uap air yang rendah, stabil terhadap suhu tinggi (Somaatmadja 1980). Namun demikian, sifat plastik polietilen mempunyai sifat permeabilitas terhadap uap air rendah dibandingkan dengan kemasan lainnya sehingga kelembapan relatif dalam kemasan tetap tinggi akibatnya tidak terjadi transpirasi. Polietilen merupakan penyangga uap air yang baik, tetapi kurang baik terhadap oksigen, karbondioksida, serta beberapa senyawa aroma dan bau (Mangaraj *et al.* 2009). Musaddad *et al.* (2013) menyatakan bahwa teknik pengemasan menggunakan pembungkus terbukti meningkatkan hasil guna pendinginan dalam mempertahankan kubis bunga diolah minimal (KBDM). Selanjutnya dinyatakan bahwa pada penyimpanan suhu dingin, kemasan dengan pembungkus polietilen 0,05 mm menunjukkan laju penurunan mutu paling lambat, sedangkan pada penyimpanan suhu kamar, tingkat penurunan mutu KBDM paling lambat ditunjukkan oleh kemasan dengan pembungkus *stretch film*. Ben-Yehoshua (1985) menambahkan bahwa pada jeruk dan paprika, perubahan tekstur buah dan umur simpan berhubungan erat dengan penurunan potensial air bahan. Berdasarkan nilai kekerasan buah cabai merah, maka perlakuan kemasan yang terbaik untuk suhu dingin (5°C dan 10°C) adalah kemasan polipropilen dan polietilen.

Pada minggu ke-2, 3, dan 4, kekerasan cabai merah dapat dilihat pada Gambar 4. Pada minggu ke-2, nilai kekerasan berkisar antara 4,22 dan 6,83 mm/100 g/10



Gambar 5. Warna L* cabai merah dari berbagai suhu penyimpanan dan macam kemasan selama penyimpanan minggu ke-2, 3, dan 4 (*L* color of red chili from several storage temperature and packaging for 2nd, 3rd, and 4th week storage*)

Tabel 7. Pengaruh suhu penyimpanan dan macam kemasan terhadap warna L* cabai merah pada minggu ke-1 (*The effect of storage temperature and packaging on L* color of red chili at 1st week*)

Perlakuan (Treatments)	Warna (Color of L*)
Suhu penyimpanan (Storage temperature)	
5°C	30,25 b
10°C	29,99 b
15°C	29,69 b
Suhu kamar (Ambient temperature)	28,04 a
Kemasan (Packaging)	
Polipropilen (Polypropylene)	29,94 a
Polietilen (Polyethylene)	29,31 a
Wrapping plastic	29,10 a
Tanpa kemasan (Without packaging)	29,62 a
KK (CV), %	4,96

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5% (*Average number followed by the same letters indicate not significantly different according to Duncan test at the 5% level*)

detik). Cabai merah yang paling keras terdapat pada suhu 5°C dan plastik polietilen (4,22 mm/100 g/10 detik). Suhu 5°C dapat menekan laju respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 10°C, 15°C dan suhu kamar, sedangkan jenis plastik polietilen merupakan hasil polimerisasi dari etilen berupa padatan yang jernih, berwarna putih dan dalam bentuk film bersifat transparan. Salah satu sifat polietilen yang penting

adalah permeabilitasnya yang rendah terhadap uap air. Berdasarkan sifat permeabilitas dan sifat mekanik yang baik maka plastik polietilen banyak digunakan sebagai pembungkus buah-buahan dan sayuran.

Pada minggu ke-3, cabai merah pada perlakuan suhu 15°C dan suhu kamar sudah busuk. Pada minggu ke-3, kekerasan cabai merah berkisar antara 4,57 dan 7,57 mm/100 g/10 detik. Cabai yang paling keras terdapat pada perlakuan suhu 10°C dengan plastik polietilen (4,57 mm/100 g/10 detik). Pada minggu ke-4, cabai pada suhu 10°C sudah busuk semua, kecuali pada suhu 5°C. Kekerasan cabai berkisar antara 5,60 dan 8,27 mm/100 g/10 detik. Cabai yang paling keras terdapat pada kemasan dengan jenis plastik polietilen (5,60 mm/100 g/10 detik).

Kekerasan cabai merah mengalami penurunan selama penyimpanan. Hal ini disebabkan tekstur dinding sel mengalami perubahan akibat terjadinya perubahan kimia selama proses metabolisme dari protopektin yang tidak larut dalam air menjadi pektin, sehingga tekstur menjadi lunak. Hal ini didukung oleh pendapat Siddiqui *et al.* (1996), bahwa kandungan senyawa pektin pada dinding sel mengalami penurunan selama penyimpanan sehingga kekerasan buah menurun (semakin lunak). Perlakuan suhu penyimpanan dingin 5°C dan kemasan plastik polietilen memberikan nilai kekerasan buah cabai merah tertinggi.

Warna L*

Warna merupakan salah satu parameter yang sangat penting sebagai indeks kualitas yang dapat diterima pada produk pangan. Karakteristik warna jamur tiram

dilihat dari hasil pengukuran nilai L^* dalam bentuk segar. Nilai L^* menyatakan parameter kecerahan yang nilainya antara 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai L^* menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan hitam.

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai L^* berkisar antara 28,04 dan 30,25. Nilai paling besar terdapat pada suhu 5°C (30,25) dan berbeda nyata dengan nilai L^* dari suhu kamar (28,04). Tampak bahwa nilai L^* semakin rendah jika suhu penyimpanan ditingkatkan seperti data yang disajikan pada Tabel 7.

Pada minggu ke-1, hasil uji statistik menunjukkan tidak terjadi interaksi antara suhu penyimpanan dengan macam kemasan terhadap warna L^* . Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7. Pada kemasan, nilai L^* berkisar antara 29,10 dan 29,94. Nilai L^* antarkemasan tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan suhu penyimpanan yang memengaruhi perubahan warna sehingga menghasilkan tingkat kecerahan yang tidak berbeda nyata. Dengan semakin tinggi suhu penyimpanan (> 15°C), maka warna akan berubah.

Pada Tabel 7 juga dapat dilihat bahwa warna L^* dari berbagai kemasan berkisar antara 29,10 dan 29,94. Warna L^* dari berbagai perlakuan kemasan menunjukkan tidak berbeda nyata pada minggu ke-1 penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa selama penyimpanan 1 minggu belum ada perubahan. Pada minggu ke-2, 3, dan 4 masing-masing sudah terjadi pembusukan pada suhu kamar, suhu 15°C dan 10°C (Gambar 5).

Pada minggu ke-2, perlakuan suhu kamar terjadi pembusukan, sehingga warna L^* pada perlakuan suhu penyimpanan 5° - 15°C berbagai macam kemasan berkisar antara 13,65 dan 33,71. Nilai L^* cabai merah segar (sebelum dan setelah dicuci) yaitu berturut-turut 30,52 dan 30,61. Jadi perlakuan yang berada pada kisaran 30,52 dan 30,61, yaitu suhu penyimpanan 10°C dengan *wrapping plastic* dan suhu penyimpanan 15°C dengan plastik polietilen.

Pada minggu ke-3, cabai merah dengan perlakuan suhu 15°C semua cabai merah sudah busuk sehingga nilai L^* berkisar antara 29,66 dan 33,38. Warna L^* cabai merah segar (sebelum dan setelah dicuci) berturut-turut 30,52 dan 30,61. Jadi cabai dengan perlakuan suhu penyimpanan 5°C dengan kemasan polipropilen dan suhu penyimpanan 10°C tanpa kemasan masuk dalam kategori sesuai dengan warna L^* cabai segar sebelum dan setelah dicuci.

Pada minggu ke-4, cabai yang masih segar yaitu dari perlakuan suhu penyimpanan 5°C sedangkan cabai dari perlakuan suhu 10°C, 15°C dan suhu kamar sudah busuk. Warna L^* cabai merah yang hampir mendekati warna L^* (cabai segar sebelum dan setelah dicuci) yaitu perlakuan suhu penyimpanan 5°C dengan kemasan polietilen dan

suhu 5°C dengan kemasan *wrapping plastic*. Plastik polietilen dan *wrapping plastic* merupakan plastik yang lentur dan fleksibel. Jenis plastik polietilen banyak digunakan oleh masyarakat karena harganya murah, kuat dan dapat direkatkan dengan panas sehingga membuat plastik dapat digunakan secara maksimal. Selain itu bahan ini bersifat sulit ditembus air dan dapat menahan kelembapan sehingga dapat mempertahankan warna L^* sampai waktu tertentu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa kesegaran dan penampakan cabai merah dengan perlakuan larutan ozon 0,4 ppm merupakan perlakuan terbaik dan disukai panelis. Dengan perlakuan ozon 0,4 ppm terjadi penurunan residu pestisida profenofos 35,9073%, klorfirifos 23,2441%, jumlah total mikrob (TPC = *total plate count*) $31,25 \times 10^5$ cfu/ml, susut bobot 15,50%, kadar air 85,53%, warna (nilai L^*) 30,52, dan uji organoleptik (kesegaran, warna, dan penampakan).

Hasil penelitian utama, berdasarkan uji statistik dan pengamatan terhadap kualitas cabai merah (kesegaran, daya simpan), disimpulkan bahwa perlakuan terbaik selama penyimpanan minggu ke-4 yaitu suhu penyimpanan 5°C dengan macam kemasan polietilen (PE) dan *wrapping plastic*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amiarsi, D 2012, 'Pengaruh konsentrasi oksigen dan karbondioksida dalam kemasan terhadap daya simpan buah mangga Gedong', *J. Hort.*, vol. 22, no. 2, pp. 197-204.
2. Asgar, A, Sugiarto, At, Sumartini, S & Ariani, D 2011, 'Kajian ozonisasi (O_3) terhadap karakteristik kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) segar selama penyimpanan pada suhu dingin', *Berita Biologi*, vol. 10, no. 6.
3. Barth, M, Zhou, CEN, Mercier, J & Payne, FA 1995, 'Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries', *J. of Food Sci.*, vol. 60, no. 6, pp. 1286-8.
4. Ben-Yehoshua, S 1985, 'Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film-a new postharvest technique', *HortSci.*, vol. 20, no. 1, pp. 32-7.
5. Broto, W, Sulusi, P, Y& S 1996, 'Teknik atmosfer termodifikasi dalam pengemasan buah mangga cv. Arumanis', *J. Hort.*, vol. 6, no. 2, pp. 196-263.
6. Buckle, KA, Edwards, RA, Fleet, GH & Wooton, M 1987, *Ilmu pangan*, Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono, UI Press, Jakarta.
7. Christina Winarti & Miskiyah 2010, 'Status kontaminan pada sayuran dan upaya pengendaliannya di Indonesia', *Pengembangan Inovasi Pertanian*, vol. 3, hlm. 227-37.

8. Direktorat Perlindungan Tanaman 2006, *Metode pengujian residu pestisida dalam hasil Pertanian*, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Jakarta.
9. Garcia, A, Mount, JR & Davidson, P 2003, 'Ozone and chlorine treatment of minimally preprocessed lettuce', *Food Sci*, vol. 68, no. 9, pp. 2747-51.
10. Gonzales, Rodriguez, RM, Rial-Otero, R, Cancho-Grande, B & Simal-Gandara, J 2007, Occurrence of fungicide and insecticide residues in trades samples of leafy vegetables', *J. Foodhem*, vol. 23, no. 1, pp. 91-106.
11. Hudson, DE, Butterfield, JE & Lachance, PA 1985, 'Ascorbic acid, riboflavin, and thiamine content of sweet peppers during marketing', *HortScience*, vol. 20, no. 1, pp. 129-30.
12. Hakan, K & Sedat, UY 2007, 'Ozone application in fruit and vegetables processing', *Food Reviews International*, vol. 23, no. 1, pp. 91-106.
13. Lazan, H 1986, 'Comparative ripening in mangoes in relation to tissue position to tissue position and heat treatment', *Asean Food Journal*, vol. 2, no. 3 & 4.
14. Mangaraj, S, Goswami, TK & Mahajan, PV 2009, 'Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review', *Food Engineering Reviews*, vol. 1, no. 2, p. 133.
15. 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', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 303-9.
16. Musaddad, D, Setiasih, IS, Kastaman, R & Kastaman, R 2013, 'Laju perubahan mutu kubis bunga diolah minimal pada berbagai pengemasan dan suhu penyimpanan', *J.Hort.*, vol. 23, no. 2, p. 184, accessed from <<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jhort/article/view/3380>>.
17. Pantastico, Er B, Chattopadhyay, TK & Subramanyam, H 1975, 'Storage and commercial storage operations', in Pantastico, Er. B (ed.), *Postharvest physiology, handling, and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*, The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, pp. 314-15.
18. Parsons, CS, Anderson, RE, Penney, RW & others 1970, 'Storage of mature-green tomatoes in controlled atmospheres', *J. of the Amer. Soc. of Hort. Sci.*, vol. 95, pp. 791-4.
19. Perez, AG, Sanz, C, Rios, JJ, Olias, R & Olias, JM 1999, 'The effect of ozone treatments on the postharvest quality of strawberry', *J. Agri and Food Chem*, vol. 47, no. 4, pp. 1652-6.
20. Phan, C 1987, 'Effect of metabolism', in Weichmann, J (ed.), *Postharvest physiology of vegetables*, New York.
21. Rahmayanti, Y 2007, 'Pengaruh lokasi pengambilan buah tomat dan konsentrasi ozon (O₃) terhadap kualitas buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) selama penyimpanan', Skripsi, Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Bandung.
22. Rajkumar, P, Mitali, D & others 2009, 'Effect of different storage methods on nutritional quality of waterapple fruits (*Syzygium javanica* L.)', *Bulgar. J. of Agric. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 41-6.
23. Reyes, V 1998, 'Packaging and shelf life extension of fresh and minimally processed fruits and vegetables', *Bul. Pascapanen Hort.*, vol. 1, no. 3, pp. 1-5.
24. Sabari, SD, Sulusi, P, Yulianingsih & Syaifullah 1991, 'Pengaruh pengemasan modifikasi atmosfer dan lama penyimpanan terhadap pematangan dan mutu mangga Arumanis', *J. Hort.*, vol. 1, no. 1, pp. 19-24.
25. Sabari, SD, Rajagukguk, J & Dwiwijaya, A 1994, 'Pengaruh perlakuan kimia dan suhu penyimpanan terhadap daya simpan kubis bunga', *J. Hort.*, vol. 4, no. 2, pp. 74-80.
26. Salvador, A, Abad, I, Arnal, L & Martinez-Jávega, JM 2006, 'Effect of ozone on postharvest quality of persimmon', *J. of Food Sci.*, vol. 71, no. 6.
27. Sanborn, MD, Cole, D, Abelsohn, A & Weir, E 2002, 'Identifying and managing adverse environmental health effects: 4. Pesticides', *Canad. Med.Associatio, J.*, vol. 166, no. 11, pp. 1431-6.
28. Setyadit & Syaifullah 1992, 'Pengaruh ketebalan plastik untuk penyimpanan atmosfer termodifikasi mangga cv. Arumanis dan Indramayu', *J. Hort.*, vol. 2, no. 1, pp. 31-42.
29. Siddiqui, S, Brackman, A, Streif, J & Bangerth, F 1996, 'Controlled atmosphere storage of apples cell wall composition and fruit softening', *J. Hort. Sci*, vol. 71, no. 4, pp. 613-20.
30. Sing, U & Sagar 2010, 'Quality characteristic of dehydrated leafy vegetables influenced by pachaging materials and storage temperature', *J. Sci & Ind. Res*, vol. 69, pp. 789-9.
31. Sirichote, A, Jongpanyalert, B, Srisuwan, L, Chanthachum, S, Pisuchpen, S & Ooraikul, B 2008, 'Effects of minimal processing on the respiration rate and quality of rambutan cv.'Rong-Rien', *Songklanakarin J. of Sci. & Tech.*, vol. 30, Suppl. 1, pp. 57-63.
32. Skog, CL & Chu, LJ 2001, 'Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage', *Canad. J. of Plant Sci.*, vol. 81, no. 4, pp. 773-8.
33. Soekarto, S 1985, *Penilaian organoleptik*, Bhatara Karya Aksara, Yogyakarta.
34. Somaatmadja, D 1980, *Persyaratan kemasan untuk makanan*, Komunikasi Balai Penelitian Kimia Bogor, Bogor.
35. Sudarmadji, S 1996, *Analisa bahan makanan dan pertanian Edisi Ketiga*, Liberty, Yogyakarta.
36. Sugiarto, T 2007, *Mengatasi limbah tanpa masalah, penerapan teknologi plasma untuk lingkungan*, PT Eco-Plasma Indonesia, Serpong, Tangerang.
37. Tzortzakakis, N, Borland, A, Singleton, I & Barnes, J 2007, Impact of atmospher ozone enrichment on quality related atributes of tomato fruit, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 317-25.
38. Wills, RHH, Lee, TH, Graham, D, McGlasson, WB, Hall, EG & others 1981, *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*, South China Printing Co, Hongkong.
39. Wu, J, Luan, T, Lan, C, Lo, TWH & Chan, GYS 2007, 'Removal of residual pesticides on vegetable using ozonated water', *Food Control*, vol. 18, no. 5, pp. 466-72.
40. Yuniarti 1989, 'Storage of manggo fruits in polyethylene bag', *Penel. Hort.*, vol. 3, no. 3, pp. 53-64.
41. Zhang, Z-Y, Liu, X-J, Yu, X-Y, Zhang, C-Z & Hong, X-Y 2007, 'Pesticide residues in the spring cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) grown in open field', *Food Control*, vol. 18, no. 6, pp. 723-730, accessed from <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713506000910>>.