

PENGARUH PEMBERIAN UAP ETANOL DAN SUHU PENYIMPANAN TERHADAP MUTU DAN MASA SIMPAN BROKOLI (*Brassica oleracea* L.)

[The Effect of Etanol Vapor and Storage Temperature Treatment on Quality and Shelf Life of Broccoli (*Brassica oleracea* L.)]

Iriandi Perdana Putra⁽¹⁾, I Made Supartha Utama⁽²⁾, I A Rina Pratiwi Pudja⁽²⁾

Email: riandiputra60@yahoo.co.id

ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of ethanol vapor and storage temperature on quality and shelf life of broccolies. The research used completely randomized design (CRD) with two factors of treatments. The first factor was ethanol vapor treatment with 4 levels of concentrations; 0%, 10%, 20% and 30%. The second factor was the storage temperature, consisting of 2 levels; room temperature (26°C) and low temperature 2°C. The florets of broccoli as controls were prepared without treatment of ethanol vapor and placed at room temperature and low temperature. The measured parameters were: respiration rate, hardness, color and sensory evaluation includes flavor, color, smell, freshness, and crispness. The data were statistically analysed using analysis of variance. The significant result of the analysis was followed by the test of Least Significant Difference (LSD 5%). The results showed that ethanol vapor concentration 10% was the best treatment since it could effectively maintain the level of greenness of broccoli by up to the day 5 with a value of -6,23 compared to controls. Ethanol vapor treatment and storage temperature had no significant effect on the hardness level of the florets on stalk of broccoli. The rate of respiration was affected by storage temperature. At the room temperature, the consumption of O₂ increased until day 5 about 102,2 to 193,17 ml O₂/kg.hour, while at low temperature, the O₂ consumption was lower until day 15 were approximately 65,4 to 60,4 ml O₂/kg.hour. Sensory evaluation showed that the broccoli was maintain quality by up to day 4 at room temperature, while in cold storage can extend the shelf life by up to 8 day.

Keywords: Ethanol, Quality, Storage Temperature, Broccoli

PENDAHULUAN

Brokoli (*Brassica oleracea* L.) merupakan tanaman sayuran berbentuk kuntum bunga, berwarna hijau tua atau muda. Tanaman brokoli hidup pada kondisi lingkungan dengan ketinggian antara 1.000–2.000 meter dari atas permukaan laut (dpl) yang suhu udaranya dingin dan lembab. Kisaran suhu optimum yang baik untuk pertumbuhan brokoli antara 15,5-18°C dan maksimum 24°C (Rukmana, 1994). Bunga dan tangkai brokoli merupakan bagian yang dikonsumsi masyarakat karena mengandung vitamin C, rendah lemak, bebas kolesterol, dan sebagai antioksidan dalam tubuh (Lewis, 2010). Secara umum, tingkat kesegaran pada brokoli dapat diketahui dari karakter fisik seperti warna, tekstur, serta kepadatan bunga. Sayuran brokoli merupakan komoditas yang mudah mengalami kerusakan (*perishable*) dan penuaannya ditandai dengan menurunnya klorofil dan penguningan pada bunga (Hensen *et al.*, 2001). Ciri khas lainnya pada sayuran brokoli yaitu memiliki laju respirasi yang sangat tinggi karena tersusun atas jaringan muda yang masih aktif dalam proses biologis, sehingga rentan terhadap kerusakan (Utama, 2002).

⁽¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, FTP UNUD

⁽²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FTP UNUD

Pengendalian suhu merupakan faktor yang paling penting untuk menjaga mutu sayuran brokoli. Laporan secara umum menunjukkan bahwa, penggunaan suhu rendah merupakan cara yang efektif untuk memperpanjang masa simpan karena mampu menghambat semua kegiatan metabolisme dan proses pematangan yang terdapat pada bahan segar (Tawali dkk, 2004). Suhu penyimpanan yang tepat yang disarankan untuk sayuran brokoli sekitar 0-2°C, dan kelembaban nisbi antara 98-100% dengan masa simpan mencapai 10-14 hari (Watkins and Nock, 2012). Penyimpanan di bawah suhu 10°C, akan meningkatkan masa simpan dengan cara melemahkan pertumbuhan mikroorganisme (Pantastico, 1993).

Sayuran brokoli, secara alami memproduksi etilen, yaitu hormon tanaman yang berfungsi sebagai regulator dalam proses pertumbuhan, perkembangan dan secara langsung berpengaruh terhadap masa simpan (Saltveit, 1999). Pembentukan etilen dapat dihambat dengan penggunaan etanol pada konsentrasi rendah, sebagai contoh etanol dengan konsentrasi 8% dan 10% menunjukkan kemampuan yang efektif untuk memperpanjang hidup dan menghambat produksi etilen pada bunga bugenvil (Hossain *et al*, 2007). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa perlakuan uap etanol lebih efektif dalam mengurangi pembusukan dengan cara menunda perubahan fisik dan kimia serta menghambat laju respirasi pada jeruk mandarin (Elwahab, 2013). Hal tersebut memungkinkan karena produk secara langsung berinteraksi dengan uap etanol, dimana etanol adalah senyawa yang mudah larut di dalam air, sehingga dengan mudah berdifusi ke dalam jaringan (Utama dkk, 2006).

Secara umum, bahan tambahan pangan seperti etanol cenderung lebih aman digunakan sebagai produk minuman beralkohol dibandingkan dengan ester dan aseton akan tetapi harus sesuai dengan standar sekitar 80 mg/kg (BPOM RI, 2004). Keuntungan aplikasi etanol juga dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme *in-vitro* pembusuk buah-buahan dan sayur-sayuran seperti *Rhizopus stolonifer*, *Penicilium digitatum*, *Coletotrichum musae*, *Erwinia carotovora* dan *Pseudomonas aeruginosa* sehingga secara langsung akan memperpanjang masa simpannya (Utama *et al*, 2002). Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian uap etanol dan suhu penyimpanan terhadap mutu dan masa simpan brokoli.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pascapanen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana. Waktu penelitian dilakukan selama bulan Juni sampai Juli 2014.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, rak penyimpanan, talenan, label, lemari pendingin, *sealer* (alat perekat plastik), kamera digital, gelas ukur 50 ml, alat pelubang plastik *hole puncher*, timbangan digital (*adventurerTM Pro Av 8101, Ohaus New York, USA*), *gas Analyzer (model 902D DualTrak)*, alat pengukur warna *Colorimeter (Accu Probe, New York, USA)*, dan *Texture*

Analyzer (T.A XT plus Stable Mikro System, USA). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah brokoli segar dari kebun petani di Desa Pancasari Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng Provinsi Bali dengan kriteria mutu I (baik) ditandai dengan bunga kompak dengan warna hijau merata. Bahan lainnya adalah etanol, aquades, plastik *Low density polyethylene (LDPE)* berdimesi 30 cm x 45 cm dengan ketebalan 0,05 mm.

Rancangan Percobaan

Percobaan ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor yang pertama adalah pemberian uap etanol yang terdiri 4 taraf yaitu brokoli tanpa diperlakukan dengan uap etanol (E0), brokoli diperlakukan uap etanol dengan konsentrasi larutan 10% (E10), brokoli diperlakukan uap etanol dengan konsentrasi larutan 20% (E20), dan brokoli diperlakukan uap etanol dengan konsentrasi larutan 30% (E30). Faktor yang kedua adalah suhu penyimpanan yang terdiri dua taraf yaitu suhu kamar 26⁰C (Sk) dan suhu rendah 2⁰C (Sr). Brokoli sebagai kontrol dipersiapkan tanpa perlakuan pemberian uap etanol dan ditempatkan pada suhu kamar dan rendah. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam dan apabila terdapat pengaruh perlakuan yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT 5%).

Prosedur Penelitian

Proses awal yang dilakukan yaitu pemanenan secara langsung di kebun petani di Desa Pancasari Kabupaten Buleleng Provinsi Bali untuk memisahkan brokoli yang busuk ataupun terdapat bekas luka akibat pemanenan. Sayuran brokoli disortasi berdasarkan warna, kepadatan bunga, dan ukuran brokoli. Sayuran brokoli yang telah dipanen kemudian dibawa ke laboratorium untuk dibersihkan dari batang dan daun kemudian dipotong per *floret* dan ditimbang seberat 250 gr. Larutan etanol dipersiapkan menggunakan aquades dan etanol 95%. Pembuatan larutan etanol dilakukan dengan cara mengencerkan etanol 95% dalam 50 ml aquades menjadi konsentrasi 0, 10, 20, dan 30%. Setelah larutan etanol siap, brokoli sebanyak 250 gr ditempatkan dalam kantong plastik *Low density polyethylene (LDPE)* tertutup berdimesi 30 x 45 cm dan ketebalan 0,05 mm. Larutan etanol dengan volume 50 ml dimasukkan ke dalam cawan petri terbuka dan ditempatkan bersama brokoli di dalam kantong plastik polietilen. Bunga brokoli diperlakukan dengan uap etanol selama 24 jam di dalam plastik polietilen tertutup kemudian disimpan pada suhu kamar 26⁰C dan suhu rendah 2⁰C, selanjutnya plastik dibuka dan dilakukan proses pengamatan dan pengemasan ulang.

Film plastik *Low density polyethylene (LDPE)* yang digunakan sebagai kemasan berdimesi 30 x 45 cm dan ketebalan 0,05 mm dengan presentase lubang perforasi 0,3%. Setiap unit lubang berukuran diameter 0,5 cm dibuat menggunakan *hole pincer* baja kemudian diberi label sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan. Brokoli yang telah diberi uap etanol selama 24 jam kemudian dikemas ulang menggunakan plastik *Low density polyethylene (LDPE)* terperforasi selanjutnya di *seal*

menggunakan *sealer electric* dan disimpan pada suhu kamar 26⁰C dan suhu rendah 2⁰C. Brokoli sebagai kontrol dipersiapkan tanpa perlakuan pemberian uap etanol dan kemasan kemudian disimpan pada suhu kamar 26⁰C dan suhu rendah 2⁰C.

Parameter Penelitian

Pengamatan dilakukan secara objektif dan subjektif terhadap bunga brokoli. Secara objektif dilakukan pengamatan terhadap warna menggunakan alat pengukur warna *Colorimeter*, tekstur dengan alat *Texture Analyzer* dan laju respirasi menggunakan alat *gas Analyzer*, sedangkan secara subjektif dilakukan uji sensori terhadap warna, kerenyahan dan kesegaran menggunakan lima skala kesukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Warna (L a b) pada Brokoli

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 1, menunjukkan perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap warna kecerahan (L) pada bunga brokoli selama penyimpanan 3, 4 dan 5 hari. Hasil uji BNT pada (Tabel 1) menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan etanol 0% (Sk E0) dan perlakuan kontrol (Kk) akan tetapi tidak berbeda nyata dengan penyimpanan pada suhu rendah sampai hari kelima. Data tersebut menunjukkan pemberian uap etanol secara efektif mampu mempertahankan warna gelap pada bunga brokoli dibandingkan kontrol. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari kesepuluh. Hal ini dikarenakan brokoli yang disimpan pada suhu 0–5⁰C mampu mempertahankan mutu sampai mencapai satu minggu, kemudian seiring dengan proses penuaan sayuran brokoli akan memproduksi lebih banyak pigmen kuning (antosianin atau xantofil) sehingga jumlah klorofil menjadi berkurang dan menyebabkan warna sayuran brokoli menjadi semakin terang (Pantastico, 1993).

Tabel 1. Hasil uji BNT pada warna kecerahan (L) selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Tingkat Kecerahan Brokoli (L)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26 ⁰ C) + etanol 0% (SkE0)	24,43	23,91 b	27,46 b	36,71 a	-	-	-
Suhu (26 ⁰ C) + etanol 10% (SkE10)	24,12	24,77 b	24,30 c	25,48 c	-	-	-
Suhu (26 ⁰ C) + etanol 20% (SkE20)	24,11	24,69 b	24,98 bc	23,07 c	-	-	-
Suhu (26 ⁰ C) + etanol 30% (SkE30)	24,50	23,69 b	24,34 c	23,55 c	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	24,16	35,31 a	35,55 a	31,24 b	-	-	-
Suhu (2 ⁰ C) + etanol 0% (SrE0)	24,42	24,37 b	25,49 bc	26,65 bc	26,02	35,03	35,11
Suhu (2 ⁰ C) + etanol 10% (SrE10)	24,33	24,39 b	24,63 c	25,32 c	25,66	32,75	33,55
Suhu (2 ⁰ C) + etanol 20% (SrE20)	24,00	24,59 b	24,75 c	24,72 c	24,00	32,28	32,19
Suhu (2 ⁰ C) + etanol 30% (SrE30)	24,04	25,07 b	26,73 b	26,80 bc	25,72	33,22	34,78
Kontrol suhu rendah (Kr)	24,82	25,47 b	25,94 bc	26,39 c	25,54	32,26	36,04

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

2. Range (0-100 ; angka bertambah besar berarti warna menjadi lebih terang)

Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap warna kemerahan (a) pada bunga brokoli selama penyimpanan 3, 4 dan 5 hari. Hasil uji BNT (Tabel 2) menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan etanol 0% (Sk E0) dan perlakuan kontrol (Kk) akan tetapi tidak berbeda nyata dengan penyimpanan pada suhu rendah (Sr) sampai hari keempat. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan konsentrasi etanol 10% (Sr E10) dapat mempertahankan warna hijau sampai hari ketujuh dengan nilai -9,18 sedangkan pada suhu kamar nilai tertinggi dihasilkan oleh perlakuan kontrol (Kk) dengan nilai pada hari kelima yaitu -1,72 yang menyebabkan warna bunga brokoli berubah menuju warna merah. Sayuran yang berwarna hijau disebabkan oleh adanya pigmen klorofil yang terjadi dari persenyawaan kompleks magnesium organik. Perubahan warna yang terjadi selama penyimpanan karena klorofil kehilangan ion Mg^{++} pada pusat porfirinnya dan digantikan dengan ion H^+ sehingga warna yang diekspresikan bukan hijau melainkan hijau kecoklatan serta terdapat jamur diatas permukaan bunga brokoli (Suhelmi, 2007).

Tabel 2. Hasil uji BNT pada warna kemerahan (a) selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Tingkat Kemerahan Brokoli (a)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	-8,75	-9,04 b	-7,84 bc	-3,92 b	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	-8,95	-8,25 b	-7,31 b	-6,23 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	-8,71	-9,03 b	-7,99 bcd	-6,39 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	-8,89	-8,85 b	-6,62 b	-6,24 c	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	-8,50	-3,14 a	-1,78 a	-1,72 a	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	-8,93	-8,97 b	-9,24 d	-9,26 e	-9,00	-4,79	-1,38
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	-8,62	-8,62 b	-8,23 bcd	-8,82 e	-9,18	-5,03	-1,53
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	-8,59	-8,72 b	-8,43 cd	-8,76 e	-8,53	-4,34	-1,11
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	-8,77	-8,90 b	-8,47 cd	-9,24 e	-8,94	-6,57	-2,18
Kontrol suhu rendah (Kr)	-8,85	-8,87 b	-8,47 cd	-8,21 de	-9,04	-6,41	-1,65

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

2. Nilai (+) menunjukkan warna lebih merah, nilai (-) menunjukkan warna lebih hijau

Indikator warna lainnya adalah derajat warna kuning pada bunga brokoli. Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap warna kekuningan (b) pada bunga brokoli selama penyimpanan 3 dan 4 hari. Hasil uji BNT (Tabel 3) menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan etanol 0% (Sk E0) dan perlakuan kontrol (Kk) akan tetapi tidak berbeda nyata dengan penyimpanan pada suhu rendah (Sr) sampai hari keempat. Data tersebut menunjukkan perlakuan uap etanol dan penyimpanan pada suhu rendah memberikan pengaruh dalam menunda degradasi klorofil pada bunga brokoli. Hal ini dikarenakan penggunaan uap etanol diketahui dapat menghambat penguningan pada brokoli, dengan cara mengurangi akumulasi ACC sintesa dan menghambat aktivitas enzim pembentukan etilen (Asoda

et al, 2009). Selain itu, penyimpanan pada suhu rendah mampu menghambat laju respirasi dan pertumbuhan mikroorganisme sehingga masa simpannya menjadi lebih panjang.

Tabel 3. Hasil uji BNT pada warna kekuningan (b) selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Tingkat Kekuningan Brokoli (b)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	40,50	41,21 b	50,08 a	56,52	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	40,04	40,13 b	38,49 c	45,59	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	40,93	41,81 b	42,68 bc	46,93	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	40,07	43,38 b	43,91 bc	45,90	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	40,90	56,89 a	55,87 a	51,08	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	40,31	42,70 b	42,62 bc	43,02	49,12	67,02	82,19
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	40,45	39,86 b	41,46 c	43,16	48,03	54,50	68,96
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	40,69	41,55 b	41,34 c	44,16	44,16	60,20	66,55
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	40,55	43,79 b	44,71 b	45,63	44,11	62,47	73,78
Kontrol suhu rendah (Kr)	40,86	42,56 b	38,18 c	43,51	42,59	63,68	61,86

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)
2. Nilai (+) menunjukkan warna lebih kuning, nilai (-) menunjukkan warna lebih biru

Kekerasan pada Tangkai Brokoli

Berdasarkan analisis sidik ragam (Tabel 4), perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap tingkat kekerasan pada tangkai brokoli selama penyimpanan.

Tabel 4. Hasil uji BNT kekerasan pada tangkai brokoli selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Kekerasan (Kg)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	6,2558	5,3949	4,8919	5,1391 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	5,9081	4,9521	5,2805	5,2578 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	6,0768	4,9197	5,2746	4,6876 b	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	5,5595	4,9584	4,5343	4,6200 bc	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	5,5664	4,7275	5,5920	4,2492 c	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	5,9912	5,2739	5,4194	5,0412 ab	4,9694	5,0553	5,4698
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	5,7924	5,7026	6,0159	5,3783 a	4,9179	5,2638	5,3199
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	5,9163	5,0848	5,5123	5,1252 ab	5,8364	4,5542	5,7731
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	5,8205	5,4766	5,5696	5,2276 a	5,3201	5,1441	5,8640
Kontrol suhu rendah (Kr)	5,9806	5,3273	5,4679	5,3471 a	5,1450	4,7998	5,9472

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)
2. Probe yang digunakan adalah batang selinder dengan diameter 6 mm

Hasil uji BNT (Tabel 4) menunjukkan bahwa pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata terhadap perlakuan kontrol (Kk) dan etanol 0% (Sk E0) sampai pada hari keempat. Pengaruh yang sama terjadi pada penyimpanan suhu rendah (Sr), perlakuan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan suhu kamar (Sk) dan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari kesepuluh. Hasil pengukuran pada Tabel 13 menunjukkan bahwa, brokoli yang

disimpan pada suhu kamar (26°C) dengan konsentrasi etanol 10% (Sk E10) mengalami penurunan tingkat kekerasan pada hari pertama sampai kelima dari 5,9081 kg menjadi 5,2578 kg kemudian untuk hari berikutnya tingkat kekerasan relatif tidak berubah. Pengaruh yang sama terjadi pada brokoli yang disimpan pada suhu rendah, hasil pengukuran menunjukkan brokoli dengan konsentrasi etanol 0% (Sr E0) mengalami penurunan tingkat kekerasan pada hari pertama sampai kesepuluh dari 5,9912 kg menjadi 5,0553 kg. Hal tersebut dikarenakan, nilai kekerasan pada produk hortikultura akan semakin rendah apabila produk mengalami penuaan. Penurunan tingkat kekerasan dapat terjadi akibat degradasi pektin yang tidak larut (propektin) dan berubah menjadi pektin yang larut dalam air sehingga mengakibatkan menurunnya daya kohesi yang mengikat dinding sel. Senyawa pektin berfungsi sebagai perekat dinding sel dan menjaga stabilitas jaringan (Kismaryanti, 2007). Rusaknya senyawa tersebut menyebabkan sel menjadi lemah dan sayuran menjadi lunak.

Laju Respirasi Brokoli

Berdasarkan analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap laju respirasi brokoli selama penyimpanan 3, 4 dan 5 hari.

Tabel 5. Hasil uji BNT terhadap konsumsi oksigen selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Konsumsi Oksigen (ml/kg.jam)					
	3	4	5	7	13	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	107,1 b	101,8 c	139,3 b	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	104,5 bc	116,2 b	193,2 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	116,9 b	137,9 a	203,0 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	94,6 c	111,0 b	201,0 a	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	139,9 a	101,8 c	105,1 c	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	65,0 e	67,0 e	66,4 de	62,4	61,76	60,4
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	71,6 e	65,7 e	62,4 e	64,4	60,45	60,4
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	67,6 e	63,7 e	65,7 e	62,4	59,79	59,7
Suhu (2°C) + etanol 30%(SrE30)	74,2 de	70,9 de	64,4 e	63,1	59,79	61,1
Kontrol suhu rendah (Kr)	68,3 e	65,0 e	63,7 e	64,4	63,74	61,7

Keterangan : Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

Tabel 6. Hasil uji BNT terhadap produksi karbondioksida selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Produksi Karbondioksida (ml/kg.jam)					
	3	4	5	7	13	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	168,9 c	175,2 d	359,8 b	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	168,9 c	253,4 ab	581,9 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	203,3 b	300,3 a	585,0 a	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	172,0 c	244,0 b	588,2 a	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	265,9 a	190,8 c	240,9 c	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	34,4 e	18,8 e	18,8 e	12,5	12,5	15,6
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	31,2 e	21,9 e	21,9 e	12,5	12,5	15,6
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	31,2 e	25,0 e	25,0 e	12,5	12,5	12,5
Suhu (2°C) + etanol 30%(SrE30)	31,3 e	28,2 e	25,0 e	12,5	9,4	9,4
Kontrol suhu rendah (Kr)	34,4 de	28,2 e	28,2 de	15,6	9,4	9,4

Keterangan : Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

Hasil uji BNT (Tabel 14 dan 15), konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida pada penyimpanan suhu kamar dengan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol (Kk) dan penyimpanan suhu rendah (Sr) sampai hari kelima. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari kesepuluh. Data tersebut menunjukkan perlakuan uap etanol dan penyimpanan pada suhu rendah memberikan pengaruh dalam memperlambat laju respirasi dibandingkan dengan kontrol. Hasil pengukuran menunjukkan laju konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida tertinggi dihasilkan oleh perlakuan kontrol (Kk) dengan nilai mencapai 139,9 dan 265,9 ml/kg.jam sedangkan nilai terendah dihasilkan oleh perlakuan (Sr E20) dengan nilai 67,6 dan 31,3 ml/kg.jam.

Perubahan tersebut dapat terjadi disebabkan laju respirasi berbanding lurus dengan meningkatnya suhu lingkungan, setiap peningkatan suhu 10°C, laju respirasi secara kasar meningkat 2-3 kali, sehingga pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi konsentrasi karbondioksida dan oksigen akan semakin tinggi (Utama, 2006). Laju respirasi brokoli pada suhu rendah menunjukkan perubahan yang lebih lambat dibandingkan dengan suhu kamar. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa laju respirasi untuk perlakuan Sr E0 mempunyai tingkat produksi karbondioksida yang semakin menurun pada hari ketiga sampai ke-15 dari 34,4 menjadi 15,6 ml/kg.jam sedangkan produksi karbondioksida pada suhu kamar (Sk E10) memperlihatkan laju produksi yang semakin meningkat pada hari ketiga sampai keempat dari 168,9 menjadi 253,43 ml/kg.jam. Hal ini sesuai bahwa semakin rendah suhu penyimpanan maka laju respirasinya akan semakin kecil selain itu, penyimpanan dingin dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan brokoli (Rokhani, 1995).

Sifat Sensori Warna Brokoli

Berdasarkan analisis sidik ragam perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap perubahan warna pada bunga brokoli selama penyimpanan 3, 4 dan 5 hari.

Tabel 7. Hasil uji BNT perubahan warna brokoli selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Warna (Skor)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	5,00	4,13 c	3,53 d	2,53 d	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	5,00	4,07 d	4,07 bc	3,40 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	5,00	4,07 d	4,00 c	3,33 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	5,00	4,00 d	4,00 c	3,40 bc	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	5,00	2,20 e	1,33 e	1,27 e	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	5,00	4,87 a	4,73 a	4,53 a	4,00	2,80 c	1,60
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	5,00	4,87 a	4,73 a	4,53 a	4,13	3,53 a	1,80
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	5,00	4,73 a	4,53 a	4,67 a	4,27	3,27 a	1,73
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	5,00	4,40 b	4,53 a	4,47 a	4,27	3,47 a	1,93
Kontrol suhu rendah (Kr)	5,00	4,87 a	4,53 a	4,33 a	4,00	2,87 b	1,53

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

2. Range skor (1 – 5 ; skor 1 : kuning sekali, skor 5 : hijau tua)

Hasil uji BNT (Tabel 7), menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol (Kk) dan penyimpanan suhu rendah sampai hari kelima. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari ketujuh. Data tersebut menunjukkan perlakuan pemberian uap etanol secara efektif mampu mempertahankan warna hijau pada bunga brokoli dibandingkan kontrol dan etanol 0% (Sk E0). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa brokoli yang disimpan pada suhu rendah (Sr E10) mampu mempertahankan warna brokoli sampai pada hari ketujuh dengan skor 4,00 (hijau). Berbeda dengan kontrol (Kk) dan (etanol 0%) perubahan warna yang terjadi sangat mencolok pada hari kelima dengan skor terendah 1,27 (kuning sekali). Hal ini disebabkan karena penyimpanan pada suhu rendah dapat mempertahankan warna hijau pada brokoli dengan cara melemahkan pertumbuhan mikroorganisme (Pantastico, 1993). Selain itu, perlakuan pemberian uap etanol diketahui dapat menghambat produksi etilen dan mengurangi pelayuan pada produk hortikultura sehingga dapat memperpanjang masa simpannya (Hossain *et al*, 2007)

Sifat Sensori Kesegaran Brokoli

Berdasarkan analisis sidik ragam perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap tingkat kesegaran pada bunga brokoli selama penyimpanan 3, 4 dan 5 hari.

Tabel 8. Hasil uji BNT tingkat kesegaran brokoli selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Kesegaran (Skor)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	5,00	4,20 c	3,80 c	2,13 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	5,00	4,27 b	3,93 bc	2,40 bc	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	5,00	4,07 c	3,87 c	2,33 c	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	5,00	4,00 c	3,93 c	2,27 c	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	5,00	2,27 d	1,40 d	1,07 d	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	5,00	4,93 a	4,67 a	4,20 a	4,07	3,20	1,87
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	5,00	4,87 a	4,73 a	4,27 a	4,20	3,33	1,80
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	5,00	4,80 a	4,60 a	4,40 a	4,40	3,33	1,93
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	5,00	4,80 a	4,60 a	4,47 a	4,47	3,40	1,93
Kontrol suhu rendah (Kr)	5,00	4,87 a	4,60 a	4,20 a	4,00	3,20	1,73

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)
2. Range skor (1 – 5 ; skor 1 : sangat tidak segar, skor 5 : sangat segar)

Hasil uji BNT (Tabel 8), menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol (Kk) dan penyimpanan suhu rendah sampai hari kelima. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari kesepuluh. Data tersebut menunjukkan perlakuan uap etanol dan penyimpanan pada

suhu rendah memberikan pengaruh dalam mempertahankan kesegaran pada sayuran brokoli dibandingkan dengan kontrol. Hasil pengukuran menunjukkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah (Sr E10) mampu mempertahankan kesegaran sampai pada hari ketujuh dengan skor 4,20 (segar). Berbeda dengan kontrol (Kk) perubahan kesegaran yang terjadi sangat mencolok pada hari kelima dengan skor terendah 1,07 (sangat tidak segar). Hal tersebut dapat terjadi karena, secara umum tingkat kesegaran pada brokoli dapat diketahui dari kenampakannya seperti warna, tekstur, serta kepadatan bunga oleh karena itu pengendalian suhu merupakan cara yang efektif dalam memperpanjang masa simpan dan mempertahankan mutu sayuran brokoli (Tawali dkk, 2004).

Sifat Sensori Kerenyahan Brokoli

Berdasarkan analisis sidik ragam perlakuan suhu penyimpanan dan ragam konsentrasi etanol serta interaksi kedua perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P>0,01$) terhadap tingkat kerenyahan pada bunga brokoli selama penyimpanan 3, 4, 5, dan 7 hari.

Tabel 9. Hasil uji BNT tingkat kerenyahan brokoli selama penyimpanan

Perlakuan/ Hari	Kerenyahan (Skor)						
	1	3	4	5	7	10	15
Suhu (26°C) + etanol 0% (SkE0)	5,00	4,00 c	3,87 b	1,93 b	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 10% (SkE10)	5,00	4,00 c	3,33 c	1,27 d	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 20% (SkE20)	5,00	4,13 b	3,33 c	1,13 d	-	-	-
Suhu (26°C) + etanol 30% (SkE30)	5,00	4,07 c	3,27 d	1,27 d	-	-	-
Kontrol suhu kamar (Kk)	5,00	2,20 d	1,87 e	1,47 c	-	-	-
Suhu (2°C) + etanol 0% (SrE0)	5,00	4,80 a	4,53 a	4,07 a	3,80 b	3,20	1,80
Suhu (2°C) + etanol 10% (SrE10)	5,00	4,87 a	4,53 a	4,13 a	4,00 ab	3,00	1,87
Suhu (2°C) + etanol 20% (SrE20)	5,00	4,80 a	4,53 a	4,27 a	4,07 a	3,13	2,00
Suhu (2°C) + etanol 30% (SrE30)	5,00	4,73 a	4,20 a	4,33 a	4,33 a	3,33	1,87
Kontrol suhu rendah (Kr)	5,00	4,73 a	4,20 ab	4,20 a	4,00 ab	3,00	1,87

Keterangan : 1. Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p<0,05$)

2. Range skor (1 – 5 ; skor 1 : sangat tidak renyah, skor 5 : sangat renyah)

Hasil uji BNT (Tabel 10), menunjukkan pada penyimpanan suhu kamar perlakuan ragam konsentrasi etanol berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol (Kk) dan penyimpanan suhu rendah sampai hari kelima. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah dengan ragam konsentrasi etanol tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol suhu rendah (Kr) sampai pada penyimpanan hari kesepuluh. Data tersebut menunjukkan perlakuan uap etanol dan penyimpanan pada suhu rendah memberikan pengaruh dalam mempertahankan tingkat kerenyahan pada sayuran brokoli dibandingkan dengan kontrol. Hasil pengukuran menunjukkan brokoli yang disimpan pada suhu rendah (Sr E10) mampu mempertahankan kerenyahan sampai pada hari ketujuh dengan skor 4,00 (renyah). Berbeda dengan kontrol (Kk) perubahan kerenyahan yang terjadi sangat mencolok pada hari kelima dengan skor terendah 1,47 (sangat tidak renyah). Penurunan nilai organoleptik pada perlakuan kontrol (Kk) dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah hilangnya air sel, terjadinya

respirasi dan reaksi enzimatik selama penyimpanan. Peristiwa tersebut mengakibatkan produk hortikultura menjadi layu atau berkerut, mengalami susut bobot, tekstur lunak, dan produk kurang menarik sehingga kualitasnya menjadi lebih rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perlakuan pemberian uap etanol dan suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang sangat nyata dalam memperlambat laju respirasi, menunda penguningan pada bunga brokoli dan mempertahankan nilai organoleptik (kesegaran, kerenyahan dan warna) dibandingkan dengan kontrol. Namun tidak berpengaruh nyata terhadap kekerasan pada tangkai brokoli.
2. Penyimpanan pada suhu rendah 2°C memberikan pengaruh terbaik pada semua respon yang diamati (warna, laju respirasi, dan organoleptik) sampai hari ketujuh. Sedangkan brokoli yang disimpan pada suhu kamar dengan konsentrasi etanol 10% merupakan perlakuan yang terbaik karena secara efektif dapat mempertahankan mutu dan masa simpan pada bunga brokoli sampai hari keempat.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian disarankan untuk menggunakan konsentrasi larutan etanol 10% dalam mempertahankan mutu dan masa simpan brokoli. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian uap etanol terhadap perubahan gizi pada brokoli seperti vitamin C dan kadar air selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asoda, T., H. Terai., M. Kato., Y. Suzuki. Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Ethylene Responsiveness In Broccoli. 2009. *J. Post. Bio. Tech.* 30-30
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2004. *Peraturan Perundang-Undangan di Bidang Persyaratan Penggunaan Bahan Tambah Pangan Pemanis Buatan Dalam Produk Pangan*. Cetakan pertama. BPOM RI. Jakarta
- Elwahab, S.M.A., and I.A.S. Rashid. 2013. Using Ethanol, Cinnamon Oil Vapors And Waxing As Natural Safe Alternatives For Control Postharvest Decay, Maintain Quality And Extend Marketing Life Of Mandarin. *J. Agr. Bio. Sci.* 9(1): 27-39
- Hansen, E.E., H. Sorensen, M. Cantwell. 2001. Changes In Acetaldehyde, Ethanol And Amino Acid Concentrations In Broccoli Florets During Air And Controlled Atmosphere Storage. *J. Post. Bio. Tech.* 22: 227-237
- Hossain, A.B.M.S., A.N. Boyece., M.A. Majid., S. Chandran and R. Zuliana. 2007. Effect of Ethanol on The Longevity and Abscission of Bougainvillea Flower. *J. Sci tech.* 01(2): 184-193
- Kismaryanti, A. 2007. Aplikasi Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) Sebagai *Edible Coating* Pada Pengawetan Tomat (*Lycopersicon esculentum*). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Lewis, L. 2010. Broccoli Food Guid to Eating Fresh Fruits and Vegetables. Utah State University. Utah

- Pantastico, ER.B. 1993. Fisiologi Pascapanen (Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika). Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Roiyana, Y., Izzati, M., Prihastanti, E. 2012. Potensi Efisiensi Senyawa Hidrokoloid Nabati Sebagai Bahan Penunda Pematangan Buah. *Bul anat dan fis.* Vol 20. No.2. 2012
- Rokhani H. 1995. Disain Sistem Pengukuran Laju Transpirasi Buahbuahan/ Sayuran pada Kamar Atmosfir Terkendali [Laporan Penelitian]. Bogor: Jurusan Mekanisasi Pertanian FATETA Institut Pertanian Bogor
- Rukmana, R. 1994. Budidaya Kubis Bunga dan Brokoli. Kansius. Yogyakarta
- Saltveit, M.E. 1998. Effect Of Ethylene On Quality Of Fresh Fruits And Vegetables. *J. Postharv. Bio. tech.* 15: 279-292
- Suhelmi, M. 2007. Pengaruh Kemasan Polypropylene Rigid Kedap Udara Terhadap Perubahan Mutu Sayuran Segar Terolah Minimal Selama Penyimpanan. Skripsi-S1 Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
- Tawali, A.B dkk. 2004. Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah-Buahan Impor Yang Dipasarkan Di Sulawesi. Jurnal Jurusan Teknologi Pertanian Fapertahut UNHAS
- Utama, I M.S., R.B.H. Willis, S. Ben, C. Kuek. 2002. Efficacy of Volatile Plant Metabolites Against Decay Microorganisms. *J. Agric. Food. Chem.* 50: 6371-6377
- Utama, I.M.S. 2006. Peran Teknologi Pascapanen Untuk Fresh Produce Retailing. Universitas Udayana. Bali
- Watkins, C.B and J.F. Nock. 2012. *Production Guide for Storage of Organic Fruits and Vegetables.* NYS IPM Publication No. 10. Cornell University. New York